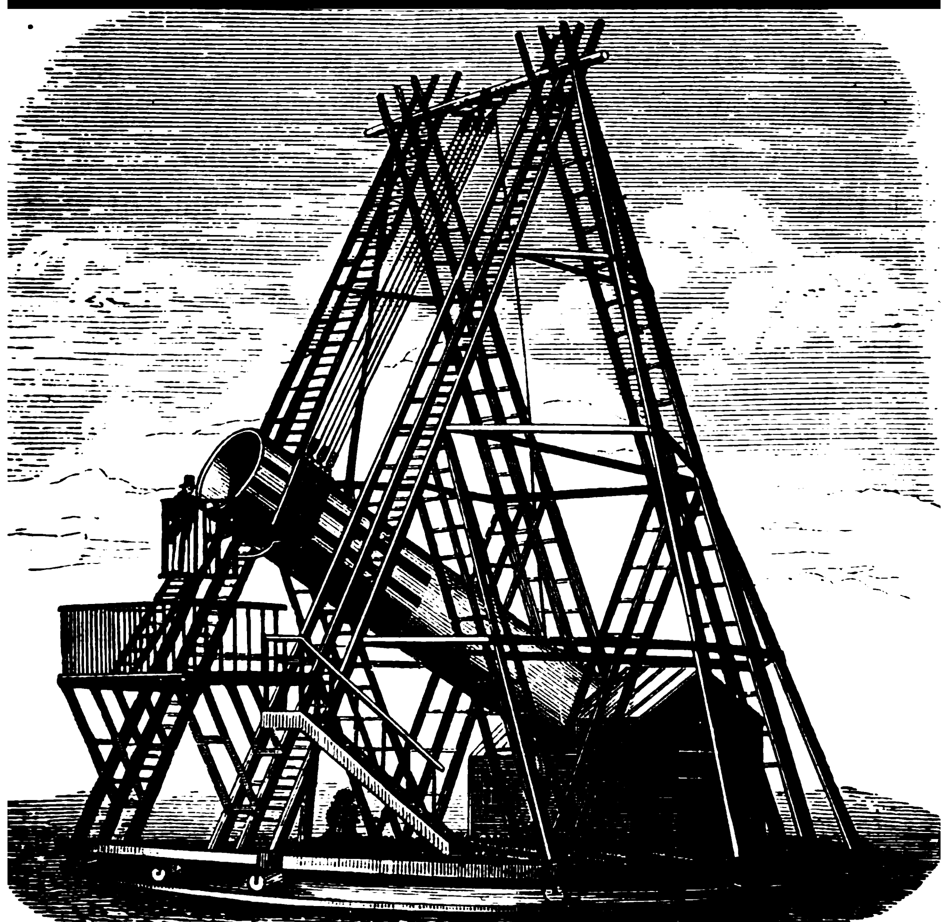


Isaac Newton og Hans Betydning for videnskaben

K. Kroman

Kroman



Isaac Newton.

ISAAC NEWTON

OG

HANS BETYDNING FOR VIDENSKABEN.

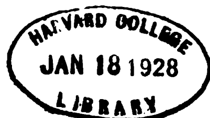
(EFTER TRE FOREDRAG I INDUSTRIFORENINGEN.)

AF

K. KROMAN.



KJØBENHAVN.
ANDR. FRED. HØST & SØNS FORLAG.
TRYKT HOS NIELSEN & LYDICHE.
1884.



Særtryk af Industriforeningens Maanedsskrift.

Medens man har ført og sikkert fremtidig vil føre langvarige Stridigheder om, hvem man skal kalde den største Maler: Michel Angelo eller Rafael, hvem man skal kalde den største Musiker: Mozart eller Beethoven, saa gives der to Omraader, hvor al Strid og Meningsforskjel tilsyneladende er udelukket: saa godt som Alle ere enige om, at Shakespeare er den største Digter, der nogensinde har levet, og saa godt som Alle ere enige om, at Isaac Newton er den største af alle den mathematiske Naturvidenskabs Dyrkere. Ligesom Goethe — den Digter, der vel nærmest skulde kunne rivalisere med Shakespeare — aabent og freidig har stillet sig selv paa den lavere Plads, saaledes have ogsaa de forskjellige store Mathematikere og Fysikere, der komme Newton nærmest i Begavelse, — Mænd som Laplace og Helmholtz — selv resolut tildelt den store engelske Forsker Palmen. Skjønt hans Liv henrandt rolig og ensformig, uden en eneste udvortes set fremspringende Begivenhed, og skjønt de fleste af hans Opdagelser og Opfindelser ere af en saadan Natur, at en populær Fremstilling af dem vil være forbunden med uoverkommelige Vanskeligheder, saa hviler der dog et saadant Skær af Storhed og aandelig Overlegenhed over hele hans Skikkelse, at selv en meget

ufuldkommen Fremstilling af hans Liv og Virken sikkert vil have sin Interesse.

Isaac Newton fødtes d. 25. December 1642 (g. St.) i Landsbyen Woolsthorpe, der ligger noget over en dansk Mil Syd for Grantham, omtrent midt imellem Nottingham og Bugten The Wash. Om Faderen, der ligeledes hed Isaac Newton, var af engelsk eller skotsk Herkomst, er endnu uafgjort; han var i ethvert Tilfælde Eier af en lille Herregaard ved den nævnte Landsby og døde i sit 37. Aar, omtrent et Aar efter sin Fader Robert Newton og nogle faa Maaneder efter, at han havde ægtet Hannah Ayscough. Ved Newtons Fødsel var Moderen saaledes allerede Enke. Barnet synes at være kommet for tidlig til Verden og var saa lille, at det, som Moderen senere udtrykte sig, godt kunde have faaet Plads i et Pottemaal*). Ingen ventede, at det skulde leve, en Forventning eller Frygt, der dog viste sig at være paa urette Sted. Newton blev næsten 85 Aar gammel og kunde omtrent uafbrudt glæde sig ved et ypperligt Helbred.

Da han var henved fire Aar gammel, giftede hans Moder sig paany, med Barnabas Smith, Sognepræst i North-Witham. Foreløbig blev Omsorgen for ham da overdraget til hans Bedstemoder, der i den Anledning flyttede ind paa Woolsthorpe. Nogle Aar senere begyndte han sin Skolegang i to Smaaskoler i Skillington og Stoke, to Landsbyer i Nærheden af Woolsthorpe, og da han var 12 Aar gammel, blev han sendt til den offenlige Skole i Grantham, der stod under Mr. Stokes' Ledelse.

Han boede her i Huset hos en Apotheker ved Navn Clark og var efter sit eget Udsagn i Begyndelsen overordenlig doven og uopmærksom, saa at hans Plads i Skolen

*) Egenlig a quart-mug, rummende omtr. $1^1/_6$ dansk Pot.

var en af de nederste. Snart indtraadte imidlertid en Forandring, og Grunden hertil var efter hans egen Beretning følgende: En Morgen, da de gik til Skole, gav den Dreng, der sad nærmest over ham, ham et Spark i Maven, som voldte ham megen Smerte. Newton „udfordrede“ ham derfor efter endt Skoletid. Kampen stod paa Kirkegaarden, og skjønt Modstanderen var ham overlegen baade i Størrelse og Styrke, seirede Newton dog ved sin Aandsnærværelse og Behændighed fuldstændig over ham. Skolemesterens Søn, der i det Samme kom til, roste ham i stærke Udtryk for hans Dygtighed; men midt under denne Lovtale gik det pludselig op for Newton, at Skolemesteren selv vilde have dømt anderledes imellem dem, og han fattede da den Beslutning ogsaa aandelig at beseire sin Modstander. Fra dette Øieblik af lagde han sig efter Flid og Opmærksomhed, og Følgen heraf var den, at han snart blev den Øverste i Klassen.

Hans Uopmærksomhed havde for Øvrigt haft sine eiendommelige Aarsager. Allerede paa denne Tid havde hans Interesser taget en bestemt udpræget Retning. Enhver mekanisk Frembringelse, han saa, vakte hans Opmærksomhed; han aftegnede eller eftergjorde den og lagde sig med Iver efter selv at gjøre nye Opfindelser paa Mekanikens Omraade. Da der blev bygget en Mølle i Nærheden af Grantham, tilbragte han al sin Fritid paa Stedet blandt Arbeiderne og erhvervede sig ved denne Leilighed et saadant Kjendskab til Maskineriets Indretning, at han siden selv kunde tømre sig en lille Model, der af kompetente Dommere blev erklæret for „et i alle Maader lige saa dygtigt Stykke Arbeide som Originalen“. Denne Model blev ofte, naar det blæste, sat op paa Apothekerens Hus, hvor Newton boede, og dreves da ganske som en virkelig Mølle ved Vindens Tryk paa de smaa Seil. I stille Veir benyttedes en anden Drivkraft. Inde i Møllen var der et Trædehjul, og en Mus,

som Newton kaldte sin Møller, holdt dette i Gang ved sine uafbrudte Anstrengelser for at naa en lille Pakke Korn, som var ophængt tæt foran den. Newton lavede endvidere en Vogn, som ved Hjælp af et Haandsving kunde bevæges fremad af den, som sad i den, og endelig indrettede han sig et Vanduhr i en to Alen høi Kasse, som han havde faaet af Mrs. Clark's Broder. Viserne stod i Forbindelse med et Stykke Træ, som „blev løftet eller sænket ved Hjælp af dryppende Vand". Dette Uhr havde sin Plads i Newtons Sovekammer, og han forsynede det selv hver Morgen med den fornødne Mængde Vand. Alle Husets Beboere rettede sig efter det, og det forblev her længe, efter at Newton havde forladt Grantham og var gaaet til Universitetet i Cambridge. Allerede dette Barndomsarbeide synes at have givet ham Anledning til den Iagttagelse, at ligesom Sanduhrene i Reglen blev unøiagtige, fordi Sandet efterhaanden sled det Hul større, hvorigjennem det løb ud, saaledes blev Vanduhrene i Reglen unøiagtige, fordi de uundgaaelige smaa Grumsdele og deslige i Vandet efterhaanden tilstoppede det Hul, hvorigjennem Vandet dryppede ud.

Skjønt Newton paa denne Tid var en alvorlig, stille og tænksom Dreng, der foretrak „at blive hjemme paa sit Værelse og hamre, save osv" frem for at tage Del i Kammeraternes Lege, levede han dog ingenlunde paa en uvenskabelig Fod med dem. Han vandt dem ved at gjøre Opfindelser, der fandt Anvendelse i deres Lege og Adspredelser. Saaledes indførte han „Drager" iblandt dem og fandt paa at forsyne disse med Papirslygter, der af de forskrækkede Landsbyfolk bleve antagne for Kometer. Man fortæller endog, at han stillede sig selv den ingenlunde lette Opgave at udfinde den bedste Form for disse Drager og at beregne, hvorledes de forskjellige Punkter som Dragens Tyngdepunkt, Snorenes Tilhæftningspunkter og deslige, helst skulde ligge i Forhold til hverandre.

Ufuldkommenhederne ved hans Vanduhr synes først at have henledet hans Opmærksomhed paa Himmelfænomenerne. Han studerede ivrig Solens Bevægelse og anbragte Træpinde paa Væggene og Tagene af forskjellige Huse for at faa sig indrettet et Soluhr. Rimeligvis har han endnu ikke tænkt paa eller endnu ikke formaaet at opstille disse Stænger efter Granthams Bredegrad, og han har vel ikke heller endnu vidst, hvorledes man ad mathematisk Vei skulde løse den Opgave, han havde stillet sig. Derimod fortælles der, at det efter nogle Aars Iagttagelser virkelig lykkedes ham at konstruere saa nøiagtige Soluhre, at de tilfredsstillede alle billige Fordringer. Et af disse nød almindelig Anseelse i Grantham under Navn af Isaacs Soluhr, og det er rimeligvis ogsaa omtrent paa denne Tid, at han indridsede de 2 Solskiver paa Gavlen af sit Fædrenehjem i Woolsthorpe, der ere antydede paa den efterfølgende lille Tegning. Stenen,

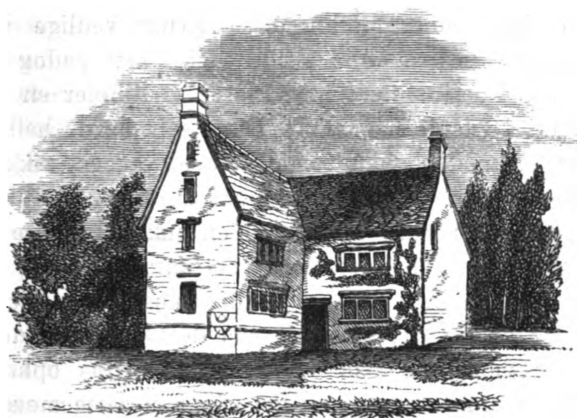


Fig. 1. Newtons Fødested i Woolsthorpe.

paa hvilken den ene af disse to Skiver var indridset, blev taget ned i Aaret 1844 og skænket til det kgl. Videnskabernes Selskabs Museum i London. Pinden, der kastede

Skygge, er forsvunden; men forneden paa Stenen findes Navnet Newton med Undtagelse af de to første Bogstaver, der ere udviskede af Ælde, endnu tydelig bevaret.

Sav og Hammer vare for Øvrigt ikke de eneste Redskaber, den opvoxende Forsker benyttede. Han lagde sig ogsaa efter Tegning og Maling. Væggene i hans Værelse hos Apothekeren vare behængte med Billeder, han selv havde tegnet og malet og sat i selvfabrikerede Rammer. Der var Portræter af forskjellige engelske Konger og af flere af hans Bekjendte i Grantham; der var Billeder af Dyr og Fugle, Mennesker, Skibe og mathematiske Figurer. Flere af dem vare tegnede med Trækul umiddelbart paa Væggen og saas der, lige indtil Huset blev revet ned 1711. Efter en Meddelelse fra ham selv var han endelig „særlig ypperlig til at at lave Vers.“ Desværre er imidlertid ingen af hans poetiske Aandsfrembringelser bleven bevaret, og har han som Ung haft Evner i poetisk Retning, saa har han i alt Fald ikke senere holdt disse Evner vedlige ved tilstrækkelig Øvelse; ja som Ældre følte han endog et vist Mishag ved Poesi, „ikke ulig Plato“ — tilføier en af hans Biografer — „der i sine yngre Dage selv havde helliget sig til Poesien, medens han i sine ældre Aar end ikke vilde indrømme Homer en Plads i sin Stat.“

Newton tilbragte i Alt, med en enkelt længere Afbrydelse, hvorom siden, syv Aar i Grantham, efter Alt at dømme syv lykkelige Aar, i hvilke hans Aand frit kunde udvikle sig og søge sin Næring paa de Omraader, der mest tiltalte og fængslede den. I Mr. Clark's Hus opholdt sig tillige nogle unge Piger, hvis Selskab han satte megen Pris paa og langt foretrak for sine Kammeraters. Han lavede smaa Borde og Skabe til dem, tegnede og malede for dem osv. Navnlig følte han sig fængslet af Miss Storey, Apothekerens Steddatter, der var et Par Aar yngre end han selv og ikke blot ualmindelig smuk, men tillige ypperlig be-

gavet. Hun blev senere to Gange gift og besøgtes i sit 82de Aar af en af Newtons Biografer, hvem hun fortalte, at hun og Newton virkelig havde været „in love“, men at hendes Mangel paa Formue og hans egne utilstrækkelige Indtægter som Universitetslærer i Cambridge havde forhindret deres Giftermaal. Newton vedblev for Øvrigt at nære Venskab for hende lige til sin Død, besøgte hende regelmæssig hver Gang, han kom til Woolsthorpe, og hjalp hende trofast i de smaa Pengeforlegenheder, som af og til synes at have fortrædiget hendes Familie.

I Aaret 1656, altsaa da Newton var 14 Aar gammel, døde hans Stedfader, og det var denne Omstændighed, der nær havde gjort en brat Ende paa hans Ophold i Grantham. Hans Moder flyttede med hans tre Halvsøskende Mary, Benjamin og Hannah Smith, tilbage til Herregaarden Woolsthorpe, som i Mellemtiden var bleven grundig istandsat, og da Newton ved denne Tid havde lært omtrent Alt, hvad Provindsskolen kunde byde ham, blev det besluttet, at han ligeledes skulde vende tilbage til Woolsthorpe for at lære Landvæsenet og lidt efter lidt overtage Gaardens Bestyrelse. Denne Plan viste sig imidlertid uudførlig. For at indøve Drengen i hans nye Pligter, sendte Moderen ham bl. A. hyppig om Lørdagen, da det var Torvedag, til Grantham for at sælge Korn og andre Landprodukter og kjøbe ind til Husholdningen. En gammel prøvet Tjener ledsagede ham for at staa ham bi ved denne uvante Forretning. Newton kunde imidlertid ikke afvinde Kjøbet og Salget den mindste Interesse, og disse Lørdagsture udførtes derfor efterhaanden regelmæssig paa den Maade, at aldrig saa snart havde de faaet sat deres Heste ind i „Saracenerhovedet“, før Drengen undløb til sin forrige Værts, Apothekerens Dagligstue eller op i Husets Kvistkammer, hvor han havde opdaget en Bunke gamle Bøger, som levende fængslede hans Opmærksomhed. Her sad han da fordybet

i Læsning, indtil den gamle Tjener mødte og meldte ham, at deres Forretning var endt for den Dag. Senere udfandt han en endnu nemmere Maade at gjøre Torveforretninger paa; han stod af paa Veien et kort Stykke udenfor Woolsthorpe, opsøgte sig en passende Plads i en Grøft eller under en Hæk og laa her, fordybet i en eller anden Yndlingsforfatter, indtil hans Ledsager kom tilbage og vakte ham af hans Tanker. Selvfølgelig gik det ikke heldigere, naar hans Moder sendte ham ud i Marken for at se efter Faarene eller passe paa, at Køerne ikke gik i Kornet. Faarene og Køerne havde lykkelige Dage under hans Opsyn. Som oftest lagde han sig tilrette under en Busk for at læse eller snitte Træmodeller af Et eller Andet med sin Lommekniv. Faarene gik i Øst og Køerne i Vest; hvad de toge sig for, var ham aldeles ligegyldigt. Derimod kunde han staa hele Timer hensunken i Betragtningen af et Vandhjul, beundrende dets regnbuefarvede, blinkende Skum og grublende over dets Form og den heldigste Maade at benytte Vandkraften paa. Allerede da han konstruerede sine Papirsdrager, synes han at have stillet sig selv det Spørgsmaal: Hvilken Form skal man give et Legeme, for at det med mindst Modstand kan bevæge sig gjennem Luft eller Vand. Selv fortæller han, hvorledes han anstillede et af sine aller første videnskabelige Experimenter i Aaret 1658 under den stærke Storm den Dag, da Cromwell døde. For at udfinde Stormens Styrke sprang han først fra et bestemt Punkt i Retning med Vinden, dernæst i modsat Retning, og efter at have udmaalt Længden af begge Spring og sammenlignet dem med de Længder, han kunde springe i stille Veir, søgte han at beregne Stormens Hastighed. Hvor vidt denne Beregning har haft Værdi eller ei, vide vi ikke, men han fortæller selv, hvorledes hans Kammerater gjorde store Øine, da han fremhævede for dem, at man kunde bestemme Vindens Styrke

ved dens Hastighed og altsaa tale om en Vind af saa og saa mange Fods Styrke.

Det maatte selvfølgelig snart gaa op for hans Omgivelser, at det vilde være ganske spildt Uleilighed at søge at gjøre en Landmand af ham. Saa snart dette var blevet hans Moder klart, besluttede hun øieblikkelig at lade ham studere, og hun blev styrket i denne Beslutning af Drengens Onkel, W. Ayscough, som en Dag fandt ham liggende under et Træ, beskæftiget med at løse en vanskelig mathematisk Opgave, og herover blev saa rørt, at han besluttede at tale Drengens Sag. Selv havde Onkelen studeret ved Trinity College i Cambridge, og det blev derfor bestemt, at Isaac ogsaa skulde sendes dertil. Saa snart denne Beslutning var fattet, vendte han atter tilbage til Apothekerens Hus i Grantham, dels for at fortsætte sin Skolegang og dels for at blive forberedt til Optagelsen paa Universitetet. Hvor længe hans Landmandsvirksomhed havde varet, vides ikke. Den Dag, han forlod Grantham, var en Mærkedag i hans Liv. Hans gamle Lærer, der efterhaanden havde faaet ham overordenlig kjær, holdt med en Faders Stolthed og med Taarer i Øinene en Afskedstale til ham, hvori han i lige høi Grad roste hans Karakter og hans Evner og opstillede ham som et lysende Mønster til Efterlignelse for de andre Elever. Om den gamle Mand levede længe nok til at erfare Noget om Newtons fremtidige glimrende Storhed, vides ikke; men mere end én af hans Kammerater satte senere sit Livs Stolthed i at have gaaet i Skole sammen med Sir Isaac Newton.

Det var i Juni 1661, at Newton blev indskreven som Student ved Trinity College i Cambridge. Han begyndte sin akademiske Løbebane med et Maal af Kundskaber, der stod under det sædvanlige, men til Gjengjæld med friske, næsten endnu uprøvede Kræfter, en Omstændighed, der maaske bidrager til at forklare den Hurtighed, hvormed

han skred frem paa sin Bane og Slag i Slag mægtigere udfoldede sin Aands Storhed. Om de første Aar af hans Ophold i Cambridge vides kun Lidt. Hans Onkel havde medgivet ham et Exemplar af Saunderson's Logik, som han snart havde studeret saa grundig, at han senere, da han hørte Forelæsninger over dette Fag, opdagede, at han kunde mere deraf end sin Lærer. Denne foreslog ham da at høre hans Forelæsninger over Kepler's Optik. Newton anskaffede sig Bogen og gav sig strax til at studere den hjemme, saa at Læreren, da Forelæsningerne skulde til at begynde, paany blev overrasket ved, at hans Elev allerede var grundig hjemme i Sagen. Omtrent samtidig kjøbte Newton sig paa et Marked et Værk over Astrologi, og da han opdagede, at han ikke kunde forstaa Bogen uden Kjendskab til Trigonometri, kjøbte han sig en engelsk Euklid. Denne Bogs Læresætninger fandt han imidlertid saa selvindlysende, at han ikke kunde begribe, hvor noget Menneske kunde sætte sig til at lave Beviser for dem, og han lagde derfor Værket til Side som kjedeligt. Derpaa gav han sig ifærd med Studiet af Descartes' eller den saakaldte analytiske Geometri, og det varede heller ikke længe, inden han havde sat sig fuldstændig ind i dette Værk. Sin Foragt for Euklid fortrød han i Øvrigt senere og erklærede det for en stor Feil, at han nogensinde havde set ned paa en saa ypperlig Forfatter. Siden gav han sig til at studere de forskjellige Værker, man den Gang havde over høiere Mathematik, og allerede i Aarene 1664 og 65 synes han selv at have gjort adskillige Opdagelser paa dette Omraade. I Januar 1665 blev han „Bachelor of Arts“ *). I Efteraaret 1665 udbrød der Pest i Cambridge, og Newton forlod da ligesom de andre Elever og Lærere foreløbig Universitetet og tog

*) Titelen paa dem, der have taget den første af de sædvanlige Examiner ved de engelske Universiteter.

hjem til Woolsthorpe. Under dette Ophold i Hjemmet var det, at han første Gang gav sig til at tænke over Tiltrækningsproblemet. Det følgende Aar vendte han atter tilbage til Cambridge og beskæftigede sig nu nogle Aar fortrinsvis med optiske Undersøgelser. Den 16. Marts 1668 blev han „Master of Arts“ *), og da Professoren i Mathematik, Dr. Barrow, ønskede at trække sig tilbage fra dette Embede, blev Newton den 29. Oktober 1669 udnævnt til hans Efterfølger, en Stilling, som han beholdt, lige indtil han i Aaret 1695 blev kaldet til London for at overtage Overopsynet med Mønten.

Det var under sit Ophold i Cambridge, at Newton gjorde den Række glimrende Opdagelser og Opfindelser, som allerede tidlig gjorde hans Navn til et af de berømteste i Europa. Om hans private Liv og Forhold i denne lange Aarrække er der kun Lidet eller Intet at melde. Hans Studier synes at have optaget den aller største Del af hans Tid og næsten al hans Interesse, og det er derfor nærmest til disse, vi have at holde os. For et lettere Overbliks Skyld ville vi ikke gaa kronologisk frem, men samle vore Betragtninger i tre Grupper, idet vi først afhandle hans optiske, derpaa hans astronomiske og endelig kort hans mathematiske Frembringelser.

Optiken eller Læren om Lyset stod ikke paa noget synderlig høit Trin, da Newton begyndte sine Undersøgelser. Man vidste, at Lyset forplantede sig i rette Linier, at det kastedes tilbage fra blanke Flader saaledes, at „Udfaldsvinkelen“ blev lig „Indfaldsvinkelen“, at en Lysstraale ved Overgangen fra et gjennemsigtigt Legeme til et andet skiftede Retning eller blev „brudt“ saaledes, at Forholdet mellem Sinus til Indfaldsvinkelen og Sinus til Bryd-

*) Titelen paa dem, der have taget en til vore „Embedsexaminer“ nærmest svarende Examen.

ningsvinkelen for de to paagjældende Stoffer var et konstant Tal ($n = \frac{\sin i}{\sin b}$), der kaldtes det andet Legemes „Brydningskoefficient“ i Forhold til det første. Man kjendte endvidere Hulspeile, Prismer og Linser, man havde fundet Lovene for Billeddannelsen ved disse Apparater, og Kikkerten i sine simpleste Former var i Begyndelsen af Aarhundredet opfunden af flere forskjellige, omtrent samtidige Forskere. Selvfølgelig kjendte man altsaa ogsaa det Fænomen, der kaldes Farvespredningen, eller den Eiendommelighed, at Gjenstande, der betragtes gjennem Prismer eller Linser, i Almindelighed vise sig omgivne af regnbuefarvede Rande. Disse farvede Rande foraarsagede især store Ulemper ved Brugen af Datidens Kikkerter, idet de gjorde Billederne utydelige, og der var tillige flere andre Grunde, hvorfor de særlig vakte Datidens Opmærksomhed. Den franske Mathematiker og Filosof Descartes havde opstillet en ganske fantastisk Theori til Forklaring af disse Farvers Natur og Opkomst, og Newtons Formand som Professor i Mathematik, Dr. Barrow, havde netop i Aaret 1669 udgivet en Optik, hvori han ligeledes havde opstillet en ganske ugrundet Forklaring af Farverne. Hvidt, siger han, er det, som udsender et rigeligt Lys i alle Retninger. Hvad der saa at sige intet Lys udsender, er Sort. Udstraaler en Gjenstand stærkt kondenseret Lys med Mellemrum af Skygge, bliver den rød, og udstraales der kun et svagt og sparsomt Lys, faa vi den blaa Farve. Gult bestaar af meget Hvidt, blandet med en lille Smule Rødt, Purpur af meget Blaat med noget Rødt. Hvad Grønt er, „overlader Dr. Barrow til klogere Hoveder at udfinde.“

Saaledes stod Sagerne, da Newton begyndte sine optiske Undersøgelser og gjorde sin første storartede Opdagelse angaaende Farvernes Natur. Allerede for flere Aar siden havde han i London kjøbt sig forskjellige Prismer og Linser, og han anstillede nu følgende Experiment. Paa en

klar Solskinsdag lukkede han sine Vinduesskodder i, borede i det ene et lille Hul paa $^1/_4$ Tommes Diameter og lod den indfaldende Solstraale brydes gjennem et Glasprisme. Til sin Forbavselse opdagede han da, at der paa den mod-

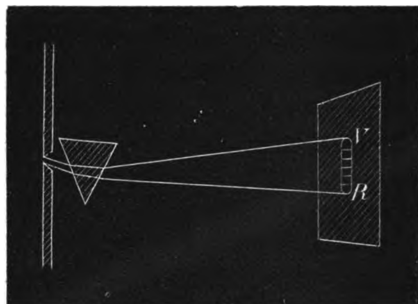


Fig 2. Solbilledet med Regnbuefarver, frembragt ved Brydning gjennem et Prisme.

satte Væg ikke, som han havde ventet, dannedes et cirkelrundt Billede af Solen, men et langstrakt, begrænset for Enderne af to Halvcirkler og omtrent 5 Gange saa langt som bredt. Dette Billede lyste endvidere med de bekjendte Regnbuefarver, ordnede i Tverbælter saaledes, at det var rødt i den Ende, der var nærmest Prismets brydende Kant, derefter uden skarpe Overgange rødgult, gult, grønt, blaat, blaaviolet og violet. Saa snart hans første Forbavselse havde lagt sig, gav han sig strax til at gruble over, hvorfra Billedets uventede Form vel kunde skrive sig. Han prøvede først den Formodning, at Fænomenet hidrørte fra, at Lyskeglens forskjellige Straaler vare gaaede gjennem forskjellige Glastykkelser, men dette viste sig ikke at holde Stik. Han forandrede Prismets Stilling, prøvede Huller af forskjellige Størrelser, men Fænomenet vedblev væsenlig at være det samme. Han formodede dernæst, at Billedets Form kunde skrive sig fra Ujævnheder paa Prismets Overflade og prø-

vede derfor at anbringe et andet Prisme i modsat Stilling bag ved det første. Resultatet heraf var dette, at der nu dannede sig et hvidt, fuldstændig regelmæssigt, cirkelrundt Billede af Solen. Fænomenet kunde altsaa ikke skrive sig fra Uregelmæssigheder i Glasfladerne. Han udmaalte dernæst alle Vinkler og Linier, bestemte Prismets Brydningskoefficient og søgte ved Hjælp af Brydningsloven mathematisk at bestemme, hvorledes Billedet maatte blive; men Resultatet afveg fra Virkeligheden. Han prøvede endelig den Formodning, at Lysstraalerne, efter at være gaaede gjennem Prismet, bevægede sig krumlinet videre; men ved at opfange Billedet i forskjellige Afstande fra Prismet fandt han ogsaa denne Antagelse uholdbar. Efter saaledes først forgjæves at have prøvet mange forskjellige Formodninger opstillede han endelig den, som snart viste sig at være den rette, at det hvide Lys ingenlunde, som man tidligere havde antaget, var enkelt og usammensat, men at det indeholdt Straaler af alle Regnbuefarverne, at enhver af disse Lysarter havde sin særegne Brydbarhed, og at denne var mindst for de rødes og størst for de violettes Vedkommende. Denne Antagelse prøvede han dernæst nærmere paa følgende Maade. Han opfangede det langstrakte Solbillede paa en bevægelig Skjærm, hvori der var boret et lille Hul, og stillede den saaledes, at der gjennem dette Hul faldt Straaler af en bestemt Farve. Anbragte han da i dette Straalebundt et nyt Prisme, bleve de farvede Straaler atter brudte; men de beholdt nu deres Farve og fulgte nøiagtig Brydningsloven. Ved efterhaanden at lade Straaler af forskjellig Farve trænge igjennem Hullet, forvissede han sig yderligere om, at de røde brødes mindst, de violette mest, og de øvrige efter deres Plads i Rækken. Endelig overtydede han sig endnu nærmere om sin Slutnings Rigtighed ved paa for-

skjellige Maader med en Linse eller et nyt Prisme atter at sammensætte de farvede Straaler til hvidt Lys*).

Man véd ikke nøiere Besked om, naar Newton egenlig gjorde denne Opdagelse, og det ser ud, som om han selv intet Videre gjorde for at bekjendtgjøre den eller sikkre sig mod, at Andre skulde komme ham i Forkjøbet. Derimod gav han sig strax til yderligere at drage Konsekvenser af, hvad han havde fundet. I Aaret 1664 havde han i længere Tid med stor Iver iagttaget en Komet, og dette har sikkert været Anledning til, at han i den efterfølgende Tid gav sig til at gruble over, hvorledes man bedst skulde forbedre Datidens Kikkerter. Descartes havde beregnet, at Linser af parabolsk eller hyperbolsk Form maatte give langt skarpere Billeder end de sædvanlige, og man havde virkelig drevet det saa vidt, at man havde opfundet Apparater til at slibe Glas med, af de nævnte Former. Newton havde selv anskaffet sig forskjellige saadanne Linser. Men han opdagede snart, at de kun havde meget ringe Fortrin fremfor de sfæriske, og han sluttede deraf, at Ufuldkommenheden maatte have andre Aarsager. Disse Aarsager stod nu pludselig klare for ham. Det var de forskjellige Lysarters forskjellige Brydbarhed, der fremkaldte Linsebilledernes farvede Rande og store Utydelighed, idet der ikke dannedes et enkelt Billede, men paa forskjellige Steder en hel Række forskjellig farvede Billeder, som tildels udviskede hverandre. Er *A* en Linse og *S* Straaler af hvidt Lys, som falde paa den, saa ville de røde Bestanddele af dette Lys samles i et Punkt

*) Udtrykkene „røde Straaler", „gule Straaler" osv. ere egenlig unøiagtige Forkortelser. Selve Lysstraalerne have ikke Glans eller Farve, men kun forskjellig „Svingningshastighed". Men ved enhver Svingningshastighed (indenfor visse Grænser) fremkaldes i vor Bevidsthed Fornemmelsen af en bestemt Farve. Med „gule Straaler" menes altsaa egenlig „Straaler, som i vor Bevidsthed fremkalde Fornemmelsen af Gult".

R, som paa Grund af disse Straalers mindre Brydbarhed aabenbart maa falde længere borte fra Linsen end det Punkt *V*, hvori de i det hvide Lys indeholdte violette Straaler forene sig. Af en fjern hvid Gjenstand til Venstre for Linsen vil der derfor paa en Skjærm i Afstanden *AR*

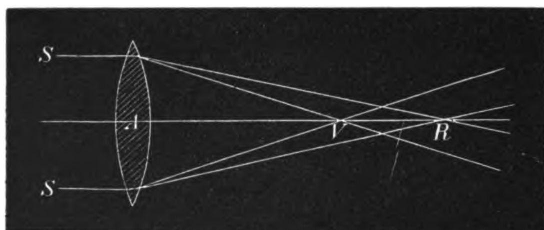


Fig 3. Farvespredning ved Lysets Brydning gjennem en Linse.

til Høire for den danne sig et skarpt rødt Billede, men uheldigvis tillige et mindre skarpt gult, et endnu mindre skarpt grønt osv. Idet disse Billeder, hvor de dække hverandre, give hvidt Lys, vil man se et ubestemt hvidt Billede af Gjenstanden, omgivet af farvede Rande. Saa snart Newton havde gjort sig dette klart, opgav han strax sine Forsøg

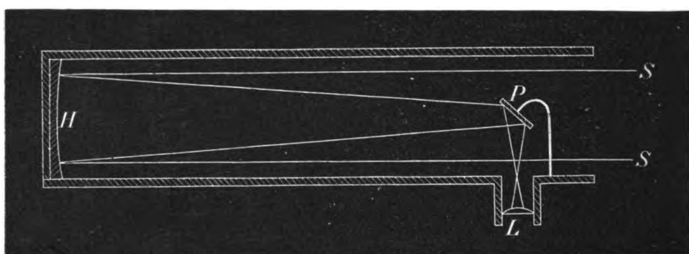


Fig. 4. Gjennemsnit af en Newtonsk Speilkikkert.

paa at forbedre Linsekikkerterne. Allerede 1668 havde han konstrueret sig en lille Kikkert paa 6 Tommers Længde, bestaaende af et Hulspeil af en god Tommes Tvermaal og en plan-konvex Linse som Okular eller Øieglas. Hulspeilet *H*

var anbragt i den ene Ende af et Rør, hvis anden, aabne Ende rettedes mod Gjenstanden. De fra Hulspeilet tilbagekastede Straaler traf før deres Forening et lille Planspeil *P* saaledes, at de kastedes tilbage og forenedes tæt foran Okularet *L*, der havde en Brændvidde af omtrent $^1/_7$ Tomme. Denne Speilkikkert forstørrede omtrent 40 Gange, men gav paa Grund af de slette Materialier ikke videre gode Billeder, og Newton fortsatte derfor ikke sine Bestræbelser i denne Retning før i Aaret 1671, da han havde gjort sin Opdagelse angaaende Farverne. Han indrettede sig da en større Speilkikkert, og denne fik sin store Betydning i Videnskabens Historie, idet den ikke blot blev Anledning til, at han

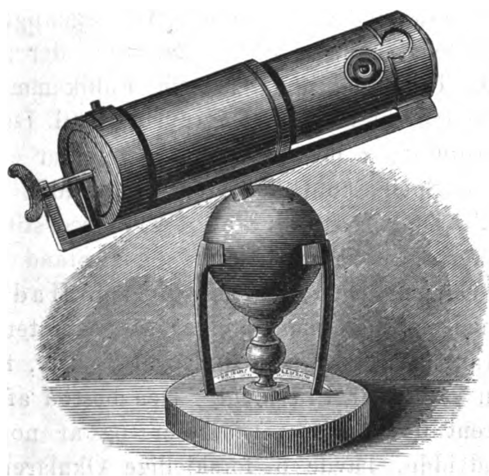


Fig. 5. Newtons Speilkikkert.

optoges som Medlem af „Royal Society" i London og i dette Selskabs Skrifter offenliggjorde sin nys nævnte Opdagelse, men tillige til, at Speilkikkerterne overhovedet kom i Mode. Nogle af Medlemmerne af Royal Society havde nemlig faaet Nys om, at Newton havde lavet sig det om-

talte Instrument, og han blev derfor anmodet om at vise Selskabet det. Han sendte det øieblikkelig til London, hvor det tillige blev forevist for Kongen, og en Beskrivelse af det indrykkedes i Selskabets „Philosophical Transactions". Selve Kikkerten findes for Øvrigt endnu opbevaret i Royal Society's Bibliothek. Den bærer følgende Indskrift: „The first reflecting telescope, invented by Sir Isaac Newton, and made with his own hands." Det Mærkeligste ved hele denne Sag er imidlertid, at en ganske lignende Speilkikkert allerede i Aaret 1663 var opfundet af Gregory og noget senere af Cassegrain. Newton vidste det og indrømmede det ganske uforbeholdent og var derfor selv en af de mest Forbavsede over den Opsigt, hans Instrument gjorde.

Men var Gregory end saaledes den egenlige Opfinder af Speilkikkerten, saa var det dog Newton, der gav Stødet til den raske Udvikling og storartede Fuldkommengjørelse, der efterhaanden blev disse Instrumenter til Del. Royal Society bestilte strax hos en londonsk Optiker en lignende Kikkert, hvis Speil skulde have en Brændvidde af 4 Fod, og inden sin Død havde Newton den Tilfredsstillelse at se en Speilkikkert af 6 Fods Længde og i Stand til at forstørre 200 Gange. Den var forfærdiget af Hadley, der i Almindelighed nævnes som Opfinder af Sextanten, og blev af ham i Aaret 1721 skjænket til Royal Society, for hvilket Newton den Gang var Præsident. Den bestod af et Metalspeil, omtrent 6 Tommer i Diameter og af noget over 5 Fods Brændvidde, havde 6 forskjellige Okularer og stod paa et elegant og sindrigt Stativ. Den var endvidere forsynet med en lille Linsekikkert som „Søger", og man fandt, at den endog kunde taale Sammenligning med Huyghens' store Linsekikkert, der var 123 Fod lang. Man kunde ikke blot se den sorte Stribe i Saturns Ring og Kanten af Saturns Skygge paa Ringen, men den viste endvidere tydelig de 5 største af Saturns Maaner. Kort Tid efter lavede

man endog Newtonske Speilkikkerter til almindeligt Salg. Alt dette var dog endnu for Intet at regne mod, hvad der skulde følge efter. I Aaret 1774 forfærdigede William Herschel, den Gang en fattig Musikdirektør, med egne Hænder sin første Kikkert, en Newtonsk Speilkikkert af 5 Fods Længde. Senere lavede han endnu 200 Speile af 7 Fods Brændvidde, 150 af 10 Fods og over 80 af 20 Fods. I Aaret 1781 begyndte han paa en 30 Fods Speilkikkert med et Speil af 3 Fods Diameter. Speilet revnede imidlertid under Afkølingen, og et nyt af samme Størrelse, han begyndte paa, blev ødelagt i Ilden. Han tabte dog ikke Modet, men henvendte sig til Kongen, George III, angaaende sit

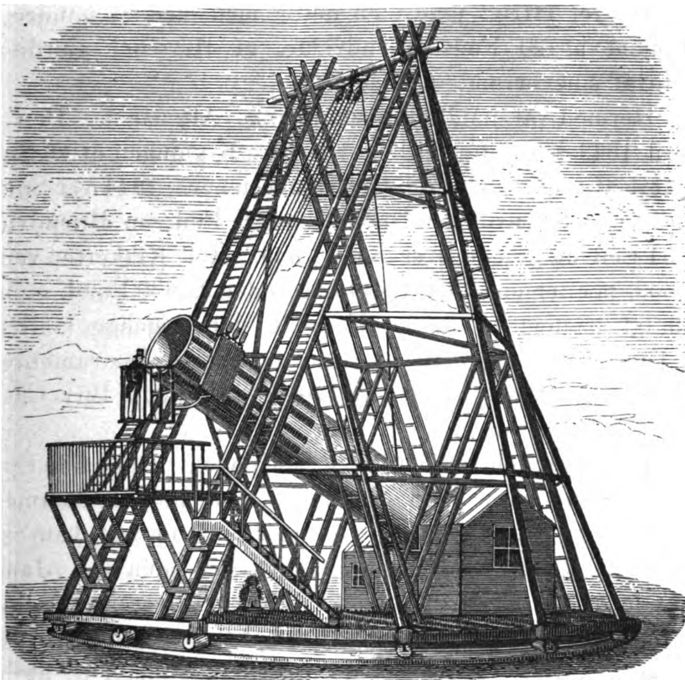


Fig. 6. Herschels Kæmpekikkert.

Forehavende, og da denne beredvillig lovede at bære alle Omkostningerne, begyndte Herschel i Aaret 1785 paa Forfærdigelsen af sin verdensberømte Kæmpekikkert. Den havde 40 Fods Brændvidde og et Speil af 4 Fods Diameter; dens 40 Fod lange Rør var af Jern; Iagttageren havde sin Plads paa et Sæde, som var ophængt ved dens Munding, og stirrede saaledes i modsat Retning af Gjenstanden, hvis Billede kastedes tilbage af Speilet i en noget skraa Retning mod Kikkertens Axe. Dette Kæmpeinstrument var opstillet paa en Plæne foran William Herschels Hus i Nærheden af London og var i Stand til at forstørre over 7000 Gange. Uheldigvis ødelagdes Speilet efterhaanden og blev aldrig siden istandsat, og i Aaret 1822 blev Instrumentet taget ned for bestandig. Det var for Øvrigt ikke med dette, men med et mindre Instrument af 20 Fods Brændvidde, at Herschel gjorde de fleste af sine berømte Opdagelser.

Hermed var imidlertid endnu ikke Alt naaet. Den 13. April 1842 begyndte Jarlen af Rosse Bygningen af en Speilkikkert af endnu fabelagtigere Dimensioner. 1844 var Speilet færdigt. Det havde en Diameter af 6 Fod, en Brændvidde af 54 Fod og veiede over 8000 Pund. Hele Kikkerten veiede 20,800, ja efter en anden Beretning endog 32,600 Pund, og blev anbragt mellem to stærke Mure med bevægelige Gallerier og Heiseindretninger til at løfte og sænke Instrumentet i Meridianens Plan. Dette Uhyre er opstillet i Birr Castle, nær ved Parsonstown i Ireland.

Vi vende imidlertid tilbage til Newton. Hans lille Speilkikkert vakte en saadan Opmærksomhed hos Medlemmerne af Royal Society, at man besluttede at optage ham som Medlem. Hans Udnævnelse fandt Sted den 11. Januar 1672, og i sin Takskrivelse til Selskabets Secretær, Oldenburg, tilbød Newton at gjøre Selskabet bekjendt med den Opdagelse, som egenlig havde foranlediget ham til at lave den omtalte Kikkert. Den nærmere Meddelelse fandt Sted

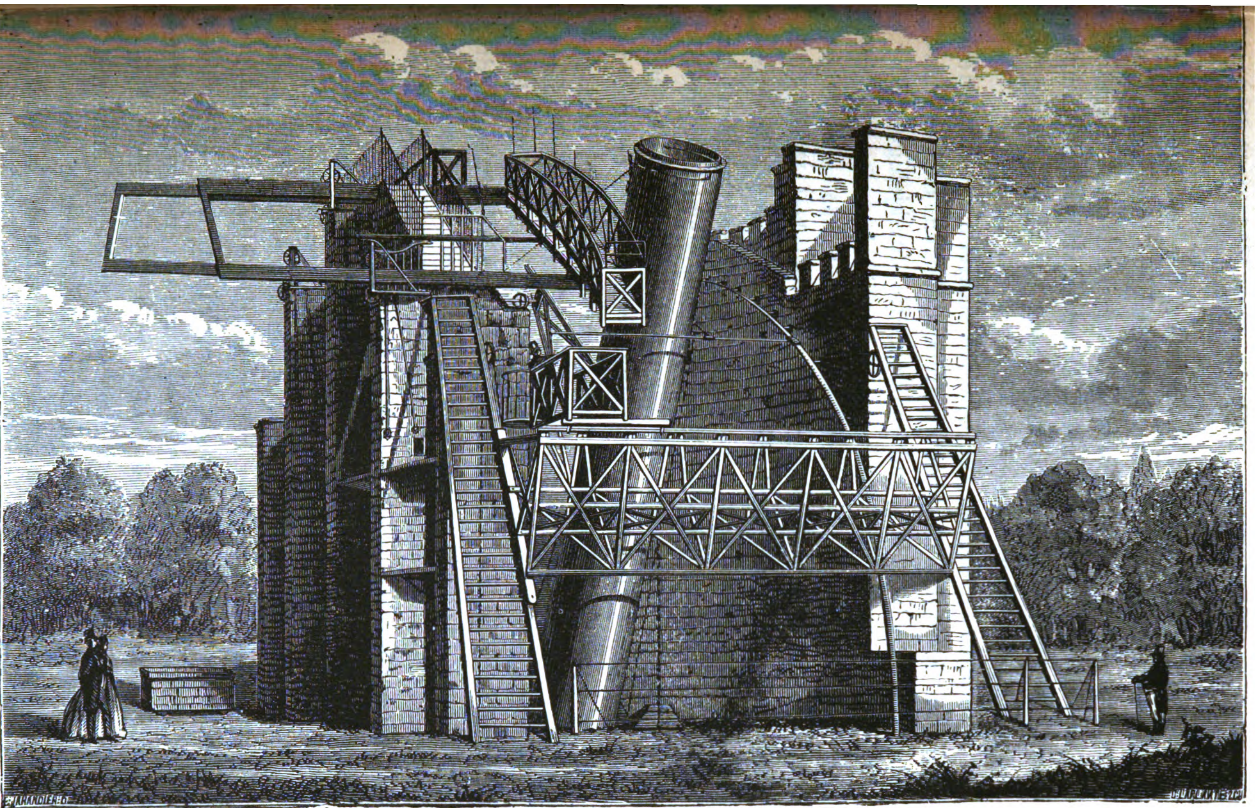


Fig. 7. Rosses Kæmpekikkert.

i et Brev til Oldenburg af 6. Februar, der to Dage senere oplæstes i Selskabet og vakte dettes levende Interesse. Man besluttede strax at optage Meddelelsen i Selskabets Skrifter, og et Udvalg, bestaaende af Dr. Ward, Biskop af Salisbury, Boyle og Dr. Hooke, nedsattes for nærmere at undersøge og udtale sig angaaende Sagen.

Newtons Opdagelse var saaledes sikkret ham; men Meddelelsen i Selskabets Skrifter fremkaldte en Række mere eller mindre taabelige Indvendinger fra forskjellige Sider. Uheldigvis havde Selskabet paa den Tid kun faa dygtige og indsigtsfulde Medlemmer; enhver nok saa uberettiget Kritik blev derfor modtaget af det og forelagt Newton til Besvarelse. Denne fandt sig i Begyndelsen med stor Taalmodighed i atter og atter at gjendrive Modstanderne og paavise, hvorledes de allerede i hans første Meddelelse kunde finde Svar paa alle deres Indvendinger. Efterhaanden blev han imidlertid kjed af dette tidsspildende Arbeide og svarede enten kort eller slet ikke. De ganske taabelige Indvendinger havde, som vi skulle se, efterhaanden sløvet hans Opmærksomhed for forskjellige virkelige Mangler ved hans Experiment og de deraf dragne Slutninger. Først optraadte en Jesuit, Ignatius Pardies, Professor i Mathematik i Clermont, og paastod, at Solbilledets Forlængelse alene skyldtes de forskjellige Straalers forskjellige Indfaldsvinkel mod Prismet, at en Blanding af forskjelligfarvede Pulvere ikke var hvid, men graa eller deslige, osv. osv. Newton svarede let paa disse tomme Indvendinger og endte med fuldstændig at bringe den franske Mathematiker til Tavshed. Dernæst optraadte en Læge, Francis Linus i Lüttich, med den Paastand, at Solbilledet ganske vist undertiden havde større Længde end Brede, men aldrig i klart Veir; kun naar der var Skyer i Nærheden af Solen, indtraadte Fænomenet, og dets Forklaring maatte derfor være en anden end den, Newton havde givet. Havde Newton —

fortsætter han — været lige saa nøiagtig og flittig til at experimentere som han selv, saa vilde han aldrig være fremkommet med saadanne Paastande som den om Farvernes forskjellige Brydbarhed. Paa dette Nonsens afslog Newton rent at svare, og først efter at man længe havde plaget ham, gav han en endnu nøiagtigere, udførligere og mere populær Beskrivelse af sine forskjellige Experimenter end tidligere. Linus døde imidlertid, inden dette Svar kom til Lüttich; men hans Discipel Gascoigne optog Kampen og forsikkrede, at Linus havde gjort sit Experiment med Prismet saa mangfoldige Gange uden at faa andet end et rundt Solbillede frem, at Newton aabenbart enten maatte have benyttet særegne Huller og Prismer eller have set galt. Vel tilfreds med den artige Tone, der gik igjennem Gascoignes Brev, svarede Newton paany og gav en Fremstilling af de forskjellige Solbilleder, man faar ved at dreie Prismet om dets Axe. Det første af disse — siger han — er det sædvanlige, forlængede og farvede Billede, der opstaar ved, at Solstraalerne brydes gjennem to af Prismets Sider. Det andet er et rundt, hvidt Billede, frembragt ved Solstraalernes Tilbagekastning fra en af Prismets Sider; og endelig kan der endnu opstaa et tredie Billede, ved to Brydninger og en Tilbagekastning. Om dette Billede bliver rundt og hvidt, eller mere eller mindre forlænget og farvet, beror paa Prismets særegne Form og Stilling. Det kan derfor godt være — ender han —, at Linus aldrig har set det egenlige Farvebillede eller „Spectrum.“

Da Gascoigne ikke selv havde Leilighed eller Evne til at anstille Experimenter, henvendte han sig til Linus' Eftermand i Professoratet i Lüttich, Antonius Lucas. Denne, der lader til at have været en skarpsindig Mand, gav Newton Ret, hvad Bemærkningerne om de forskjellige Solbilleder angaar, men forkastede hans Farvetheori i Kraft

af en Række Forsøg med Silke og Væsker af forskjellige Farver. Da Newton slet ikke havde udtalt sig om de forskjellige Farvestoffer, kunne vi ganske forbigaa denne, Sagen uvedkommende Indvending. Lucas fremførte imidlertid tillige en anden Paastand, som var af langt større Betydning, end nogen Dalevende anede, og var Newton ikke bleven trættet og ærgret ved de mange tidligere Indvendinger, man havde rettet mod ham, vilde denne Paastand rimeligvis have ført ham til endnu en anden betydningsfuld Opdagelse, der nu imidlertid ved Omstændighedernes Magt blev forhalet i næsten et Aarhundrede.

Newton havde anstillet sine Experimenter med et Prisme, hvis brydende Vinkel var omtr. $63^1/_5$ Grad, og hvis Brydningskvotient*) han anslog til $1_{,53}$, og, som allerede bemærket, fik han derved et Solbillede, hvis Længde var omtrent 5 Gange saa stor som dets Brede. Lucas arbeidede med et Prisme, hvis brydende Vinkel var 60 Grader, og hvis Brydningskvotient han regnede lig $1_{,5}$; men han kunde ikke faa Solbilledet mere end 3 eller i det høieste $3^1/_2$ Gang saa langt som bredt, dette Sidste nemlig, naar han stillede Prismet saaledes, at Indtrædelses- og Udtrædelsesvinklerne for Lysstraalerne saa vidt muligt vare lige store. Da Newton gav sig til at tænke over denne Mærkelighed, fandt han snart, at den store Forskjel i Billedernes Længde ikke kunde skrive sig fra den ringe Forskjel mellem de benyttede Prismers brydende Vinkler, ja han anstillede endog Experimenter med alle Vinklerne i de to Prismer, han tidligere havde benyttet; men skjønt den mindste af dem kun var 54 Grader, frembragte den dog et Solbillede, hvis Længde var næsten fire Gange saa stor som dets Brede. Hermed

*) Naar man i Alm. taler om et Stofs Brydningskvotient eller Brydningskoefficient, mener man Brydningskvotienten mellem det tomme Rum eller den atmosfæriske Luft og dette Stof.

ansaa han uden videre Sagen for afgjort og udtalte den Formodning, at Lucas sikkert havde angivet sit Prismes Brydningsqvotient og dets brydende Vinkels Størrelse med runde Tal, og at han derved var kommen til at regne dem begge lidt for store. Slog man nogle Procent af paa begge disse Størrelser, saa vilde det afvigende Resultat let kunne forstaas.

Hermed synes Striden at være endt. Til Uheld for Videnskaben har den dygtige hollandske Professor ikke været slet saa stridslysten som hans Forgængere; han havde i saa Fald næppe slaaet sig til Taals med Newtons Svar, der i Virkeligheden var en Opgivelse af al nærmere Undersøgelse. Og havde Newton ikke været trættet, saa havde han med sin sædvanlige Grundighed og Skarpsindighed ikke kunnet undgaa at opdage, at han her stod Ansigt til Ansigt med et splinter nyt og betydningsfuldt Spørgsmaal.

Lad os betragte Sagen lidt nærmere! Baade Newton og Lucas tale uden videre om deres Prismers Brydningskvotient. Men hvad mene de egenlig med dette Udtryk, og hvorledes have de bestemt denne Kvotient? Dette burde være nærmere oplyst; thi efter Newtons Opdagelse er det strengt taget meningsløst uden videre at tale om en enkelt Brydningskvotient. Newton havde jo opdaget, at de forskjellige Lysarter i det hvide Lys blive brudte ulige stærkt, det violette Lys stærkest og det røde svagest. Naar han sætter sine Prismers Brydningskvotient til $1{,}_{53}$, saa mener han dermed, at en Lysstraale, der fra Luften træffer Glasset under en Vinkel med Normalen, hvis Sinus er m, i Glasset vil fortsætte sin Vei under en Vinkel med Normalen, hvis Sinus er $\frac{m}{1{,}_{53}}$. Men dette gjælder aabenbart med Nøiagtighed kun for en enkelt Art Straaler, lad os sige f. Ex. for de gule af den og den Art. For de røde Straaler er Sinus til Brydningsvinklen da større end $\frac{m}{1{,}_{53}}$, Brydningskvotienten

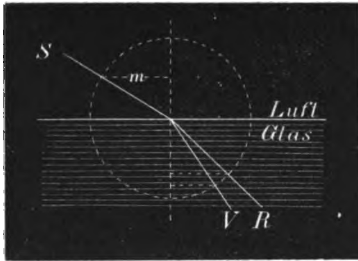


Fig. 8.

(n_r) altsaa mindre end $1{,}_{53}$, og for de violette Straaler er Brydningskvotienten (n_v) større end $1{,}_{53}$. Først burde Newton altsaa have undersøgt, hvilken Brydningskvotient det var, hans Modstander havde bestemt. Havde han f. Ex. faaet at vide, at det var Brydningskvotienten for de midterste af de røde Straaler, der ved Lucas' Prisme var $1{,}_5$, saa kunde han paa Grundlag heraf og af de øvrige Oplysninger, han havde faaet, have anstillet en Beregning af, hvorledes Solbilledet maatte vise sig for hans Modstander. Og havde denne Beregning nu lært ham, at Billedet maatte have en Længde af f. Ex. over fire Gange dets Brede, saa havde han deraf ikke strax behøvet at slutte: Altsaa maa Manden have maalt galt. Endnu heldigere vilde det have været, om han havde sluttet: Manden kan have maalt galt, men han kan ogsaa have maalt rigtig, og er dette Sidste Tilfældet, saa følger deraf, at ikke alle Prismer af samme Form og Stilling og under i Øvrigt lige Omstændigheder give Solbilleder af lige stor Længde. Denne Formodning kunde da have ført ham til at gjøre yderligere Experimenter, hvorved han vilde have faaet Antagelsen bekræftet, og dermed vilde han have gjort den vigtige Opdagelse, at de forskjellige Stoffers „Farvespredningsevne" ingenlunde bestemmes alene ved deres Brydningsevne for en vis Art Lys, men at et Stof godt kan have en ringe Brydningsevne f. Ex. for rødt Lys i Forbindelse med en stærk Farvespredningsevne og omvendt; og dermed vilde han atter have indset Muligheden af at kunne forbedre Linsekikkerterne ved at befri dem for de forstyrrende Rande. Antag f. Ex., at vi have to Stoffer, af hvilke det sidste har langt større Farve-

spredningsevne end det første. Vi kunne da tildanne os Prismer af disse to Stoffer med brydende Vinkler, der staa i et saadant Forhold til hinanden, at Farvespredningen bliver

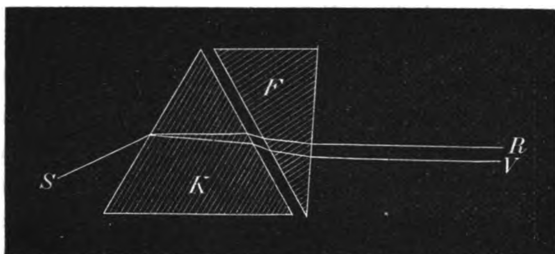


Fig. 9. Akromatisk Dobbeltprisme.

ens i begge Prismer, og danne vi et nyt Prisme ved at lægge de to forrige sammen, saa at de hver bryde til sin Side, ville vi faa en brudt Straale, der ikke tillige er opløst i Farver. Et saadant Prismesystem kaldes akromatisk og kan f. Ex. bygges af de 2 Glassorter: Kronglas og Flintglas, af hvilke den sidste Sort har langt større Farvespredningsevne end den første. Hvad der her er sagt om Prismer, gjælder selvfølgelig ogsaa om Linser: Ogsaa disse kunne sammensættes saaledes, at man opnaar Brydning uden Farveadskillelse, og ligeledes her er det i Reglen Kronglas og Flintglas, man benytter, idet man forbinder en bikonvex Kronglaslinse med en konkav-konvex Flintglaslinse, der er tykkere ved Randen end paa Midten og saaledes svarer til det omvendte Prisme i forrige System. Saadanne sammensatte, i Reglen med Kanadabalsam sammenkittede, Linser danne nu Objektivglasset i enhver bedre Kikkert.

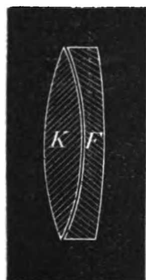


Fig. 10. Akromatisk Linse.

Havde Newton undersøgt Lucas' Paastande lidt nærmere, vilde han saaledes — efter Alt at dømme — have føiet en ny Opdagelse til sin tidligere: Opdagelsen af Akromatismen. Han blev imidlertid staaende ved sine første Forsøg og antog hele sit Liv igjennem,

at det var umuligt at ophæve Farveadspredelsen, uden at Lysstraalerne samtidig bøiedes tilbage i deres oprindelige Retning, og i saa Tilfælde vilde Intet være vundet. Længe var hans Autoritet mægtig nok til at holde enhver Tvivl om hans Udsagns Rigtighed nede. Efterhaanden begyndte man dog at antage Paastanden for forhastet, og en af de fornemste Grunde hertil var den, at Linsen i det menneskelige Øie netop er sammensat af forskjellige Lag med forskjellig farvespredende Kraft og derved omtrent akromatisk. Den tidligere omtalte Gregory synes at være den Første, som (1684) har henvist til denne Kjendsgjerning. Senere betonede den berømte Mathematiker Leonhard Euler den samme Omstændighed; men han søgte forgjæves efter to Stoffer, som havde de fornødne Egenskaber. Ogsaa Svenskeren Klingenstjerna paaviste Muligheden af at konstruere farvefrie Dobbeltlinser; men først i Aaret 1758 lykkedes det John Dollond at fremstille en virkelig akromatisk Dobbeltlinse af Kronglas og Flintglas. Dermed var det vigtige Spørgsmaal om Linsekikkerternes Forbedring endelig løst.

Vi have imidlertid endnu ikke nævnt alle Newtons Modstandere. Havde de tidligere Stridigheder end i høieste Grad været ham imod, saa havde han hidtil dog stedse været angrebet for Sagens egen Skyld. Han fik imidlertid i en af sine egne Landsmænd en Modstander, hos hvem Misundelse og Forfængelighed spillede en temmelig fremtrædende Rolle, saa at Striden mere end én Gang stod paa Nippet til at udarte til personlig Bitterhed. Denne Mand var Robert Hooke. Han var 7 Aar ældre end Newton og udmærkede sig ved en glimrende Begavelse i flere forskjellige Retninger. Han havde navnlig givet sig af med optiske Undersøgelser. Han havde ogsaa grublet over Tiltrækningsfænomenet, og han havde paa begge disse Omraader gjort forskjellige, ikke uvæsenlige Opdagelser. Hans

Aand var imidlertid for flygtig eller vægelsindet til i længere Tid at give sig af med en enkelt Sag, og han standsede derfor i Reglen sine Forskninger paa Halvveien for at tage fat paa nye Ting, der atter paa samme Maade bleve lagte ufuldendte paa Hylden. Ikke desto mindre havde han en overdreven stærk Følelse af sit eget Værd, og et svageligt Helbred gjorde ham endvidere lidenskabelig og pirrelig. Da Newton nu optraadte paa netop de samme Omraader, som Hooke tidligere havde dyrket, og med en Udholdenhed og Skarpsindighed, som end ikke veg tilbage for for den vanskeligste Opgave, bragte Lys paa det ene Punkt efter det andet, saa stillede Sagen sig for Hooke, som om hans yngre og lykkeligere Medbeiler var bestemt til at høste allevegne, hvor han selv havde saaet, og han blev greben af Skinsyge og Misundelse. Hooke var et af de 98 oprindelige Medlemmer af „Royal Society", og, som vi allerede tidligere have hørt, var han Medlem af det Udvalg, der skulde bedømme Newtons Opdagelser paa Lyslærens Omraade. Han kritiserede da ikke blot Newtons Kikkert paa en uretfærdig streng Maade, men var ogsaa misfornøiet med Newtons Yttring, at man nødsagedes til at opgive al Forbedring af Linsekikkerterne. Ved samme Leilighed udtalte han tillige, at han var i Besiddelse af et ubedrageligt Middel, ved hvilket alle optiske Instrumenter kunde fuldkommengjøres saaledes, at de vilde overtræffe de dristigste Forventninger. Hvad dette var for et Middel, indlod han sig imidlertid aldrig paa nærmere at udtale.

Descartes havde opstillet den Antagelse, at Lyset var en Virksomhed i et fint Stof, Ætheren, som gjennemtrængte alle Legemer. Hooke delte denne Anskuelse og synes nærmest at have tænkt sig Lysvirksomheden i dette Medium som en Bølgebevægelse*), uden at han dog nærmere havde

*) Det Karakteristiske ved Bølgebevægelsen er dette, at medens Bevægelsen (Bølgegangen) forplanter sig videre og videre, saa blive

udformet denne Tanke. Det var imidlertid ud fra disse ubeviste Forudsætninger, at han vurderede Newtons Udtalelser om Farverne. Han roste Newtons omhyggelige og skarpsindige Experimenter, men indvendte, at disse Experimenter, „som han for Øvrigt ogsaa selv havde anstillet mange Gange“, ingenlunde beviste Newtons Hypothese angaaende Lyset, men tvertimod snarere hans egen. Paa disse Indvendinger skyndte Newton sig at svare. Han følte sig høilig tilfreds med, at en saa dygtig Kritiker som Hooke havde udtalt sig angaaende hans Opdagelse, og det var ham et velkomment Bevis paa dennes Sikkerhed, at end ikke en saadan Mand havde kunnet omstyrte et eneste af hans Resultater. Med uforlignelig Dygtighed gjendriver han dernæst enhver af Hookes Indvendinger saa omstændelig og afgjørende, at hans Modstander ganske bragtes til Tavshed. Han indrømmer, at han ganske vist er mere tilbøielig til at opfatte Lyset som noget Legemligt end som en Bølgebevægelse; men da han ingen overdreven Pris sætter paa Hypotheser, og da han mener, at ikke nogen af disse Hypotheser lader sig videnskabelig afvise til Fordel for den anden, saa har han i sine Udtalelser slet ikke lagt nogen af disse Hypotheser til Grund, men blot i al Almindelighed opfattet Lyset som „Noget, der forplanter sig i rette Linier.“

Efter ved dette Svar at have bragt den mægtigste af sine Modstandere til Tavshed, blev Newton imidlertid uventet angrebet af en Anden, nemlig den berømte Christian Huyghens, en fremragende hollandsk Mathematiker og Fysiker, der paa denne Tid opholdt sig i Paris. Ligesom Hooke nærede han den Anskuelse, at Lyset skyldtes en

---

selve de legemlige Dele, der udføre Bevægelsen, noget nær paa deres Plads, idet de blot udføre smaa Frem- og Tilbagesvingninger om deres Ligevægtsstillinger. En saadan Bevægelse opstaar f. Ex., naar Vinden farer hen over en Kornmark.

Bølgebevægelse, og ligesom Hooke synes han at have opfattet Newtons Udtalelser om Farverne som et Angreb paa denne Hypothese. Skjønt han var en af Datidens største Optikere, vare hans Indvendinger her imidlertid af en temmelig overfladisk Karakter og lette for Newton at gjendrive. Huyghens fremhævede navnlig, at det var urigtigt at erklære det hvide Lys for sammensat af alle Regnbuefarverne, da f. Ex. Gult og Blaat alene ogsaa kunde frembringe Hvidt*). Newton svarede hertil, at Gult og Blaat i Almindelighed selv vare sammensatte Farver, saa at vi altsaa i det af dem sammensatte hvide Lys i Reglen havde alle Farverne. Endnu mindre dybtgaaende vare Huyghens' øvrige Indvendinger; det vil derfor være overflødigt at dvæle nærmere ved dem. Vi have kun fremhævet hele denne Strid, fordi den tjener til Forstaaelse af et vigtigt Punkt i Newtons Anskuelser, nemlig hans Lystheori. Følgen af disse forskjellige Angreb var foreløbig den, at Newton mistede al Lyst til videre Forfattervirksomhed; han foretrak at bevare sin Fred og sin Rolighed fremfor paany at udtale sig offenlig om noget videnskabeligt Spørgsmaal. „Man har kun Valget" — skriver han 1676 — „mellem ikke at udgive Noget og at gjøre sig selv til Slave for at forsvare det."

Heldigvis overholdt han dog ikke dette Forsæt; men omtrent samtidig med den nævnte Udtalelse sendte han „Royal Society" to Smaaafhandlinger, af hvilke den ene

---

*) Man har her et Exempel paa, hvorledes det ikke gaar an uden videre at overføre Sætningerne om Spektralfarverne paa de forskjellige Farvestoffers Optræden. Thi medens Paastanden, at gult og blaat Lys tilsammen danne hvidt, er rigtig nok, saa giver, som bekjendt, en Blanding af gult og blaat Pulver eller deslige i Reglen Grønt, en Eiendommelighed, som Helmholtz senere har forklaret paa en særdeles tilfredsstillende Maade. Det gaar altsaa heller ikke an at bedømme Newtons Udtalelser ud fra Experimenter med farvet Silke, Pulvere, Vædsker eller deslige.

var en kort Fremstilling af hans senere saa berømte Lystheori. Han fortæller selv, hvorledes han har nedskrevet denne Afhandling i al Skyndsomhed, og hvor liden Vægt han lægger paa den deri udtalte Hypothese. Han opstiller den ikke som en Sandhed, men blot som den foreløbig simpleste og naturligste Forudsætning, ud fra hvilken de da bekjendte Lysfænomener kunde forstaas. Han indvender mod den af Hooke og Huyghens opstillede Bølgetheori, at den staar i Strid med en af de mest fundamentale Kjendsgjerninger paa hele Lyslærens Omraade, nemlig Lysets Forplantning i rette Linier. Var Lyset en Bølgebevægelse, siger han, saa maatte det ligesom Bølgerne i Havet og i Luften bøie sig rundt om de Gjenstande, der kom det i Veien, og der vilde ikke gives saadanne skarpt afgrænsede Skygger, som vi faktisk finde. Skal man endelig opstille en Hypothese for at gjøre sig de optiske Fænomeners Væsen mere anskueligt, vil det derfor være naturligere at antage, at Lyset bestaar af materielle, vægtløse Smaadele af forsvindende Størrelse, der med overordenlig stor Hastighed udslynges af de lysende Legemer. Idet disse Smaalegemer trænge ind i vort Øie, frembringe de Lysfornemmelsen, og for at forklare de forskjellige Farver kan man endvidere antage, at Smaadelene have forskjellig Størrelse, de største svarende til rødt Lys og de mindste til violet. Newton gaar dernæst over til at vise, hvorledes Lovene for Lysets Brydning og Tilbagekastning let lade sig udlede af denne Antagelse. Vi ville ikke opholde os nærmere ved disse Forklaringer, men derimod lægge Mærke til Følgende: For det Første har det sin Interesse at se, hvor ringe Værdi Newton selv tillægger sin Hypothese. Ja, han siger endog udtrykkelig, at han ikke selv tror paa den, og at han for sit eget Vedkommende helst bliver staaende ved den Antagelse, at Lyset er Noget, der forplanter sig i rette Linier. Da han imidlertid har faaet det Indtryk, at de Fleste absolut ville have

en Hypothese opstillet og langt foretrække en saadan fremfor den nys nævnte tomme, men forsigtige Antagelse, saa har han ikke villet undlade at imødekomme dette Ønske. For det Andet maa vi lægge Mærke til, at den Newtonske Hypothese virkelig formaaede utvungent at forklare alle de da kjendte Fænomener, og endelig maa vi for det Tredie lægge Mærke til, at det er af ganske bestemte Grunde, at Newton forkaster Bølgehypothesen, nemlig af den Grund, at der gives skarpt afgrænsede Skygger, medens den konsekvent gjennemførte Bølgetheori formentlig maatte føre til den Antagelse, at Lyset ligesom Lyden maatte bøie om Hjørner og saaledes forhindre al Skyggedannelse. Skjønt Newtons Hypothese senere viste sig utilfredsstillende, var den altsaa i god Samklang med de da kjendte Fænomener og i bedre Samklang med disse end Bølgetheorien. Ganske vist havde Italieneren Grimaldi allerede i Aaret 1665 opdaget, at Skyggedannelsen i visse Tilfælde virkelig foregaar, som om Lyset til en vis Grad formaaede at bøie om Hjørner; men hverken han selv eller nogen Anden paa den Tid formaaede at give en tilfredsstillende Forklaring af disse Fænomener. Ogsaa Newton syslede en Tid lang med Spørgsmaalet, men forklarede den tilsyneladende Bøining som en sædvanlig Brydning i den Æther, der efter hans Anskuelse omgav alle Gjenstande som en Art Atmosfære. Først Thomas Young lykkedes det at forklare disse og flere lignende Kjendsgjerninger ved Begrebet Interferens, d. e. ved Læren om, hvorledes de forskjelligt fremskredne Bølger kunne sammensmelte og udjevne hinanden.

Saa vel denne Afhandling som den følgende, der beskæftigede sig med Farverne paa tynde Hinder og Blade, blev stærkt angrebet af Hooke, der mente allerede tidligere at have udtalt lignende Tanker. Newton svarede igjen paa en temmelig kort Maade. Imidlertid synes det dog snart at være kommet til en foreløbig Vaabenhvile mellem de to

Rivaler. Hvad den sidst nævnte Afhandling angaar, viser den os paany Newtons Skarpsindighed og Evne til at overvinde Vanskeligheder i et storartet Lys; vi ville derfor dvæle lidt nærmere ved den. Allerede Hooke havde anstillet en Række Experimenter paa samme Omraade. Han havde gjort opmærksom paa, hvorledes alle tynde gjennemsigtige Hinder som f. Ex. Væggene i en Sæbeboble, tynde Lag af Terpentin og deslige, frembragte paa Vand ved at lade en enkelt Draabe af vedkommende Vædske udbrede sig, lyste med levende Regnbuefarver. Med tynde Plader af Glas, Glimmer og deslige var det Samme Tilfældet, og allerede Hooke udtalte den Formodning, at disse Farver skyldtes den dobbelte Tilbagekastning af Lyset fra begge Hindens Overflader. Med Luftlaget mellem to Planglas var det Samme Tilfældet, og Hooke havde opdaget, at de Farver, der her fremkom, paa en eller anden Maade vare afhængige af Luftlagets Tykkelse. Imidlertid dreiede det sig om saa smaa Størrelser, at det havde været ham umuligt at anstille Maalinger. Newton løste imidlertid Opgaven paa følgende lige saa simple som geniale Maade. Paa et slebet Planglas

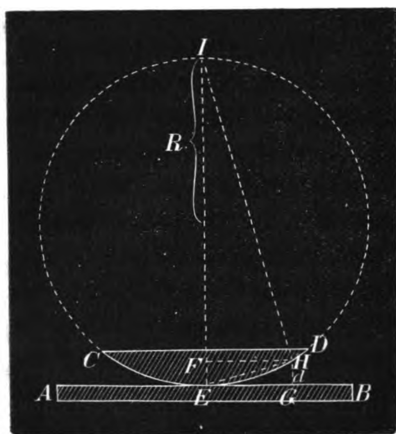


Fig. 11.

AB lagde han en Linse *CED*, hvis konvexe, nedad vendte Side havde en Krumningsradius *R* af 15 Fod. Den var altsaa meget svagt krummet, og medens den berørte Planglasset i Punktet *E*, var der uden om dette Punkt et Luftlag mellem dem, der langsomt tiltog i Tykkelse med Afstanden fra *E* paa en saadan Maade, at en Beregning blev mulig. For at finde Luftlagets Tykkelse *d* i Afstanden *EG* fra Berøringspunktet behøve vi nemlig blot at erindre, at da *EHI* er en retvinklet Trekant, saa er

$$\overline{EH}^2 = 2R \,.\, EF = 2R \,.\, d,$$

altsaa
$$d = \frac{\overline{EH}^2}{2R}.$$

Men for smaa Afstande er *EH* aabenbart kun overordenlig lidt forskjellig fra *EG* eller selve Afstanden. Kalde vi denne a, faa vi altsaa med stor Tilnærmelse

$$d = \frac{a^2}{2R}.$$

Her er 2 R = 30 Fod = 360 Tommer. Luftlagets Tykkelse i en Afstand af $\frac{1}{10}$ Tomme fra *E* vil altsaa være $= \frac{\frac{1}{10^2}}{360}$ eller $\frac{1}{36000}$ Tomme; dobbelt saa langt fra *E* vil det være 4 Gange saa tykt, osv.

Betragtede Newton nu sine Glas mod mørk Baggrund i almindeligt indfaldende Dagslys, saa han omkring *E* en cirkelrund sort Plet og udenom den et Antal koncentriske Ringe, farvede omtrent som en hel Række Regnbuer med Violet inderst og Rødt yderst. Den inderste Ring var klarest i omtrent $\frac{1}{2}$ Linies Afstand fra *E*, altsaa hvor Luftlaget havde en Tykkelse af omtrent $\frac{1}{200000}$ Tomme; den følgende Rings Afstand svarede til et tre Gange saa tykt Luftlag; for den tredie Ring blev det 5 Gange saa tykt, osv. Betragtede han Glasset mod mørk Baggrund i enkeltfarvet, f. Ex. rødt eller gult Lys, viste der sig blot afvexlende lyse og mørke Ringe om den mørke Plet om *E*; Luftlagenes Tykkelse ved de lyse Ringe forholdt sig lige-

ledes her som de ulige Tal 1, 3, 5 osv., medens de mørke Ringe svarede til Tykkelserne 2, 4, 6 osv. Endvidere vare Ringene størst i rødt og mindst i violet Lys, og de bleve alle mindre, naar Mellemrummet mellem Glassene var fyldt med Vand, end medens det var opfyldt af Luft. Ved alle de hidtil beskrevne Fænomener vare Glassene betragtede ovenfra mod mørkt Underlag. Holdt han dem op mod Lyset, saa saas i hvidt Lys Plet og Ringe med Udfyldningsfarverne til de forrige, og i enkeltfarvet Lys saas en lys Plet om *E* og lyse Ringe, hvor der før havde været mørke, og omvendt. Alle disse Fænomener forklarede Newton paa følgende geniale Maade.

Tænke vi først paa Forholdene ved enkeltfarvet Lys og mørk Baggrund, saa maa den mørke Plet i Midten aabenbart hidrøre fra, at største Delen af Lyslegemerne her ere gaaede gjennem begge Glas uden at kastes tilbage. Det er endvidere aabenbart, at de bestemte Lufttykkelser, der svare til de lyse og mørke Ringe, maa have en stor Betydning for Fænomenet. Dannes den første lyse Ring i gult Lys ved Lufttykkelsen d, saa dannes den næste ved Lufttykkelsen 3 d, den tredie ved Lufttykkelsen 5 d, osv. Paa disse Steder maa der derfor kastes særlig mange Lyslegemer tilbage, medens der ved Tykkelserne 2 d, 4 d osv. maa gaa særlig mange videre. Og dette maa atter hidrøre fra, at de omtalte Lyslegemer med bestemte Tidsmellemrum have Øieblikke, hvor de særlig let kastes tilbage, og Øieblikke, hvor de særlig let gaa videre, ind i et nyt Legeme. Newton er meget tilbageholden angaaende den Maade, paa hvilken han tænker sig, at disse periodiske „fits“ eller Tilbøieligheder opstaa; men for at faa et anskueligt Billede af Sagen kunne vi f. Ex. forestille os, at de omtalte Lyslegemer vare smaa Kugler, der samtidig med, at de bevægede sig fremad, roterede om en Axe vinkelret paa deres Bane. Tænke vi os dem endvidere udrustede med to Poler

i to modsatte Punkter af deres Rotations-Ækvator, en positiv og en negativ i den Betydning, at hvis den positive Pol er forrest, idet Lyskuglen under sin Bevægelse kommer til et nyt Medium, saa vil den særlig let gaa ind i dette, medens den særlig let vil blive kastet tilbage, hvis den negative Pol er forrest, saa bliver det en simpel Følge, at enhver saadan Lyskugle maa faa skiftende Tilbøielighed til at kastes tilbage og til at gaa videre med Mellemrum lig dens halve Rotationstid, og er Rotationstiden ligesom Fremskridtshastigheden konstant (indenfor samme Medium), saa forstaa vi nu let Betydningen af den gaadefulde Størrelse *d*. Den er nemlig ikke Andet end Veilængden svarende til en halv Rotation. Hvor Luftlaget har Tykkelsen *d*, se vi en lys Ring, simpelt hen fordi alle de Lysdele, der ved Overfladen af Luftlaget havde deres positive Pol forrest og derfor trængte ind i dette, ved Underfladen af det faa den negative Pol forrest og derfor blive kastede tilbage. Intet Lys vil derfor her trænge ind i det nederste Glas, og betragter man dettes Underside, vil man altsaa i Overensstemmelse med Experimentet se en mørk Ring. Ganske det Samme gjælder, hvor Luftlaget faaer en Tykkelse af 3 *d*. Her ville Lyslegemerne faa Tid at dreie sig halvanden Omgang rundt, inden de naa Luftlagets Underflade; hvor Tykkelsen er 5 *d*, ville de have dreiet sig 2½ Omgang osv., saa at intet af dem formaar at trænge videre. Hvor Luftlaget derimod har Tykkelsen 2 *d*, 4 *d* osv., der ville Lyslegemerne have dreiet sig en eller flere hele Omgange under Gjennemgangen; de ankomme altsaa med positiv Pol til underste Glasplade og trænge ind i denne. Her vil der derfor, ovenfra set, være forholdsvis Mørke, og nedenfra set, Lys. Endvidere maa Ringenes vexlende Størrelse i de forskjellige Arter Lys forklares deraf, at de violette Lyslegemer rotere hurtigere end de større, røde; *d* vil altsaa for violet Lys være mindre end for rødt, og denne vexlende Størrelse af *d* er endelig Grunden

til, at man ikke i hvidt Lys ser lutter hvide og sorte, men tilnærmelsesvis regnbuefarvede Ringe med Violet inderst og Rødt yderst.

Skjønt den givne Forklaring lider af mere end én Svaghed, kan man ikke nægte, at den er lige saa simpel som skarpsindig. Og er Forklaringen end uholdbar, saa bevarer dog Newtons nøiagtige og geniale empiriske Undersøgelse af Fænomenet for bestandig sin Værdi. Endnu den Dag idag udgjør det Newtonske Forsøg med Planglasset og Linsen et af de simpleste og paalideligste Midler til at bestemme Bølgelængde og Svingningstal for de forskjellige Lysarter. Hvad Newton forklarede ved Lyslegemernes periodiske Tilbøieligheder, forklarer man nemlig nu ved Vexelvirkningen mellem Bølger af forskjellige „Faser.“ Størrelsen *d* svarer til $\frac{1}{4}$ Bølgelængde, og man benytter endnu ofte Newtons Udmaalinger til Beregningen af disse.

Efter at Newton saaledes havde søgt at forklare Farverne paa tynde Hinder og Plader, gav han sig ifærd med Spørgsmaalet om Tingenes Farver overhovedet. Naar Solen udsender hvidt Lys eller Lys af alle Regnbuefarver, hvor kan det da være, at nogle af de belyste Ting forekomme os røde, andre gule, andre grønne osv.? Ogsaa dette Spørgsmaal løste han snart i sine Hovedtræk, saa at det, som senere Forskere have haft at tilføie, kan anses for mindre væsenligt. Af alt det hvide Lys, der fra Solen falder paa Gjenstandene, bliver en større eller mindre Del bestandig kastet tilbage fra selve Overfladen. Dette er i Almindelighed hvidt som det indfaldende Lys og er Aarsag til det Fænomen, som man kalder Glans. En Del af Lyset trænger derimod mere eller mindre ind i Legemerne, og efter disses forskjellige Beskaffenhed gaar det de indtrængende Straaler paa forskjellig Maade. Nogle trænge kun meget lidt ind og kastes derpaa „spredt“ tilbage, andre formaa at gaa uhindret igjennem Legemet; atter andre blive derimod absor-

berede eller opslugte af dette, idet de tjene til at opvarme det. Jo glattere et Legemes Overflade er, desto mere Lys vil det i Reglen tilbagekaste fra selve Overfladen, og desto større Glans faar det altsaa. Af de Straaler, der tilbagekastes fra dets Indre, afhænger derimod dets Farve i indfaldende Lys eller den Farve, hvori det ses mod mørk Baggrund. Saaledes tilbagekaste Træernes Blade fra deres Indre fortrinsvis grønt Lys og ses derfor som grønne. Det røde Lys maa da altsaa enten være opslugt eller være gaaet igjennem. I sidste Tilfælde vil Gjenstanden følgelig være rød eller rødlig „i gjennemgaaende Lys," være gjennemsigtig for de røde Straaler. At saa mange halvgjennemsigtige Legemer vise den samme Farve i gjennemgaaende som i indfaldende Lys, beror paa, at de tilsvarende Arter Straaler for en Del gjennemlades, medens de øvrige Arter absorberes. Tilbagekaster et Legeme næsten ingen af de indtraadte Straaler, ses det som sort, og dybest sort bliver det, naar det heller ikke fra sin Yderflade kaster noget Lys tilbage. Saaledes er f. Ex. pulveriseret brændt Ben overordenlig dybt sort, medens et glat Stykke Waleskul forekommer os langt lysere, fordi det kaster en stor Deel af det hvide Lys tilbage fra sin yderste Overflade, hvorved der kommer en hvid Glans over det. For at godtgjøre disse forskjellige Paastande henviste Newton til den Kjendsgjerning, at Ting af en vis Farve vise sig kraftigst og tydeligst, naar de ses i hvidt Lys eller i Lys af deres egen Farve, medens de blive mere eller mindre sorte i Lys af den modsatte eller, som det hedder, den komplementære Farve. Saaledes bliver et rødt Baand næsten sort i grønt Lys. Thi at det er rødt, vil jo sige, at det kun formaar at tilbagekaste røde Straaler fra Delene under Yderfladen. Men belyses det kun med grønt Lys, faar det altsaa Intet at tilbagekaste og ser derfor ud som sort, navnlig da, hvis dets Yderflade ikke er

speilende, og altsaa ikke formaaer at tilbagekaste en stor Del af hvilket som helst Lys, der falder paa den.

Inden vi slutte vore Bemærkninger om Newtons optiske Undersøgelser, maa vi endnu i Korthed fremhæve, at han endvidere er Opfinder af det for Sømanden uundværlige lille Instrument, som kaldes en Sextant. Kun i den rent ydre Anordning afveg det Newtonske Instrument fra det nuværende*). I Aaret 1700 sendte han den før omtalte Hadley en fuldstændig Beskrivelse af sin Opfindelse; men hvad enten han ikke selv tillagde denne nogen stor Betydning, eller det var af andre Grunde, saa omtalte han ikke Sagen for „Royal Society", og Hadley, der rimeligvis har forfærdiget de første Exemplarer af Instrumentet, gik derfor længe for ogsaa at være dets egenlige Opfinder. Beskrivelsen blev for Øvrigt efter Newtons Død 1727 funden

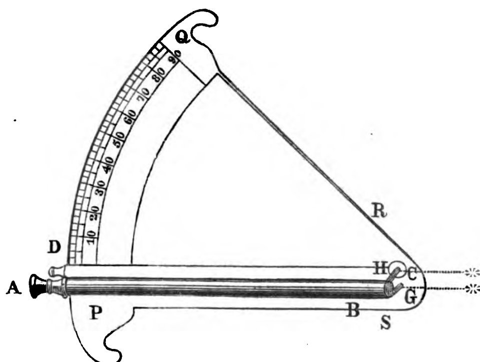


Fig. 12. Newtons Sextant (Oktant).

mellem hans Papirer og oplæst for „Royal Society" den 28. Oktober samme Aar. Hosstaaende Træsnit er en Kopi af den Tegning, der ledsagede den. Ogsaa med Hensyn til

*) Om Sextantens Indretning og Brug se K. Kroman: „Om Tidens Udmaaling og Inddeling", Kbhvn. 1882.

Sextanten havde den ulykkelige Hooke for Øvrigt været lige ved at komme Newton i Forkjøbet.

Fra Newtons optiske Arbeider gaa vi nu over til en kort Beskrivelse af hans endnu betydningsfuldere og beundringsværdigere astronomiske Undersøgelser. Ogsaa her begynde vi med et kort Tilbageblik paa Videnskabens Tilstand ved hans Fremtræden.

De Tilløb til Astronomi, vi finde hos Oldtidens Grækere, forulempedes som næsten al deres videnskabelige Syslen ved deres alt for store Forkjærlighed for frie Spekulationer og deres ringe Sans for virkelige Iagttagelser og Experimenter. Det er navnlig to ugrundede Formodninger, som blive skjæbnesvangre for Astronomien. Man antog for det Første, at Planeterne bevægede sig i cirkelrunde Baner, fordi „Cirkelbevægelsen er den fuldkomneste Bevægelse“, og af lignende Grunde mente man, at Hastigheden maatte være konstant. I Overensstemmelse med det umiddelbare Sanseindtryk antog man selvfølgelig tillige Jorden for Universets hvilende Midte, hvorom alle de øvrige kjendte Kloder beskrev deres cirkelformede Baner. Allerede den simpleste Hverdagsiagttagelse gjør imidlertid forskjellige Tilføielser til dette System nødvendige. Naar Mars snart lyser med en Glans som Jupiters og snart bliver mat som en Stjerne af anden Rang, og naar noget Lignende med bestemte Mellemrum iagttages ved flere af de andre Planeter, saa kan deres Afstand fra Jorden ikke være uforanderlig, og den iagttagne Hastighed, hvormed de bevæge sig Himlen rundt, er ogsaa meget langt fra at være konstant; snart er den større, snart mindre, ja undertiden endog Nul eller negativ, idet vedkommende Klode tilsyneladende staar stille eller gaar den modsatte Vei af den sædvanlige. Ved Planeterne Merkur og Venus kommer hertil endnu den Omstændighed, at de paa en eller anden Maade synes knyttede til Solen, for saa vidt de aldrig fjerne sig mere end et vist Antal Grader fra den.

Til Forklaring af disse Fænomener opstillede Hippark (omtr. 150 Aar før Kr.) og senere Ptolemæus (omtr. 150 Aar e. Kr.) den berømte Epicykletheori: Planetbanerne ere Cirkler; men Jorden staar ikke nøiagtig i deres Midtpunkt, saa at Klodernes Afstande og tilsyneladende Størrelse variere. Tilmed bevæger Planeten sig ikke paa selve den første Cirkel; men paa denne, „Deferenten" eller Ledelinien, findes en anden, mindre Cirkel, „Epicyklen", og paa denne bevæger Planeten sig rundt, samtidig med at Epicyklen bevæger sig rundt paa Deferenten. Saaledes kan Hastigheden i Virkeligheden være jevn, medens den tilsyneladende varierer og undertiden endog bliver negativ.

Heller ikke ved disse Tilføielser bliver det dog Theorien muligt at stemme med Virkeligheden, og jo nøiagtigere og talrigere Iagttagelser man gjorde, desto flere Tilbygninger af Cirkler af tredie og fjerde Orden osv. maatte man derfor give Systemet. Den ægyptiske Forbedring, at lade Merkur og Venus bevæge sig rundt om Solen, medens de andre Planeter saa vel som Solen gik rundt om Jorden, var ligeledes utilstrækkelig, og den Forvirring og Uklarhed, der herskede i Astronomien henimod Middelalderens Slutning, har næppe faaet for stærkt et Udtryk i den bekjendte Yttring af Kong Alfons X af Kastilien, at Verdensbygningen næppe kunde være saa kunstlet, som man antog, og at hvis den var det, saa vilde han have kunnet give Guddommen langt bedre Ideer, om han var bleven spurgt til Raads ved Skabelsen.

Det første betydelige Fremskridt fra disse Tilstande skete ved Nikolaus Kopernikus (1473—1543). Han var født i Thorn i Østpreussen, studerede først Medicin, senere Mathematik og Astronomi i Italien, opholdt sig omkring Aaret 1500 som berømt Mathematiklærer i Rom og blev her benyttet ved den samtidige Kalenderforbedring. Senere blev han Kanonikus ved Domkapitlet i Frauenburg og fortsatte her fra sin Bolig paa Toppen af en Høi ivrig de i Rom be-

gyndte astronomiske Iagttagelser. Allerede paa Forhaand følte han sig stærkt overtydet om, at Verdensbygningen umulig kunde være saa indviklet, som det ældre System fremstillede den. Han vandt snart den Tro, at Solen var det ubevægelige Midtpunkt, hvorom alle de andre Kloder, Jorden iberegnet, dreiede sig, og hans Iagttagelser bekræftede efterhaanden denne Formodning mere og mere. Allerede i Aaret 1530 havde han afsluttet det udødelige Værk, hvori han fremstillede sin nye Lære; men han kjendte tillige sin Samtids Sneverhjertethed og Intolerance, og han vogtede sig vel for at udgive Noget. Alligevel vandt han efterhaanden ved personlige Udtalelser talrige Venner og Tilhængere, og allevegne blev de nye Ideer tilsyneladende godt modtagne. En af hans Disciple udgav et kort Udtog af Læren uden at paadrage sig nogen Ulempe. Dette fjernede Mesterens sidste Betænkeligheder; han gav efter for sine Venners ivrige Opfordringer, og Bogen udkom i Nürnberg 1543, tilegnet Paven. Kopernikus oplevede imidlertid ikke selv at læse den. Et af de første fuldstændige Exemplarer overraktes ham paa hans Dødsleie, og faa Timer efter at han havde set og berørt det, lukkede han sine Øine.

Den næste store Skikkelse, vi møde paa Astronomiens Omraade, er vor Landsmand Tyge Brahe. Nedstammende fra en gammel dansk Adelsslægt fødtes han 1546 paa Herregaarden Knudstrup i Skaane og kom allerede i sit 13de Aar til Kjøbenhavns Universitet. Efter sine Slægtninges Ønske studerede han i Begyndelsen Retsvidenskab; men Solformørkelsen den 21. August 1560 tiltrak sig hans levende Opmærksomhed; han fandt, at den indtraadte i nøie Overensstemmelse med Forudberegningerne, og han besluttede, trods sine Standsfællers Fordomme, ganske at offre sig for den Videnskab, der besad en saadan Sikkerhed. Herved udsatte han sig imidlertid for en Række Fortrædeligheder; han kunde i Begyndelsen kun dyrke sit Yndlingsstudium

om Natten og eiede af Instrumenter kun en Himmelglobus „saa stor som en knyttet Haand“ og nogle selvfabrikerede Cirkler; allerede hermed gjorde han imidlertid Opdagelser. Nogle Aar efter at være vendt tilbage fra en Udenlandsreise opdagede han i Nov. 1572 den berømte nye Stjerne i Billedet Kassiopeia. Aaret efter giftede han sig til sin Slægts Harme med en Landsbypige, med hvem han levede i et lykkeligt Ægteskab til sin Død. Fortrædiget af Tidens Fordomme paa alle Maader, besluttede han for bestandig at tage Bolig uden for sit Fædreland; men hans Navn var allerede europæisk berømt, og Danmark vilde nødig miste ham. Kongen, Frederik II, havde allerede længe været hans varme Beundrer; han forlenede ham nu med Hveen, tilsagde ham en aarlig Indtægt og lovede at bygge ham et Observatorium efter hans eget Udkast. Denne Venlighed omstemte ham, og saaledes opstod det berømte Uranienborg og kort efter det underjordiske Observatorium Stjerneborg, medens den lille afsides Ø blev Midtpunktet og Blomstringsstedet for Datidens Astronomi. Omgivet af Disciple og Beundrere, besøgt af Lærde og Fyrster, levede Tyge Brahe her uforstyrret i 21 Aar og fortsatte den Række betydningsfulde Opdagelser, der gjorde hans Navn uforgængeligt i Videnskaben. Efter Frederik II's Død og Kristian IV's Tronbestigelse fik hans talrige Fjender og Misundere imidlertid Overmagten, og efter en Række Krænkelser forlod han for bestandig sit Fædreland. Keiser Rudolf II indbød ham med stor Gæstfrihed til Prag, overlod ham Slottet Benach nær ved Byen til Observatorium og gav ham en aarlig Lønning af 3000 Gylden. Men allerede 2 Aar efter Ankomsten døde Brahe (1601), nedbrudt af Mismod og Sorg over sit Fædrelands Utaknemmelighed.

Da Kepler (om hvem nedenfor) en Gang som ung Mand overrakte Tyge Brahe et Arbeide, hvori han paa ganske fantastisk Maade havde sammenstillet Planetafstan-

dene med de Størrelser, man faar ud ved at indskrive de forskjellige mathematiske Legemer som f. Ex. Terning, Kugle osv. i hinanden, gav denne ham venskabelig det Raad „først ved virkelige Iagttagelser at skabe en fast Grundvold for sine Anskuelser og derfra siden at søge at stige op til Tingenes Aarsager,“ og efter denne sunde Grundsætning indrettede han selv al sin Forsken. Vi skylde ham derfor først og fremmest en omfattende Række fortrinlige Iagttagelser, som blev den uundværlige Grundvold for en betydningsfuld Del af den følgende Astronomi. Han var endvidere den Første, der bestemte Lovene for Lysets Brydning i Atmosfæren (Refraktionen) og tog Hensyn til denne Omstændighed ved Bestemmelsen af Stjernernes Steder. Endelig var han den Første, der tildelte Kometerne Rang af virkelige Himmellegemer, idet han fandt, at deres Afstande kunde være større end Maanens. Da han endvidere fandt, at deres Baner vare meget aflange, indsaa han, at de Gamles Cirkler og Smaacirkler, der vare tænkte legemlige, her ikke kunde nytte Noget, og han forkastede derfor hele dette Apparat, medens det endnu havde fundet en Plads i Kopernikus' Lære; Tyge Brahe blev saaledes den Første, der antog, at Kloderne svævede frit i Rummet og derfor kunde have alle Slags Baner*).

Angaaende disse Baner lærte Brahe nu ligesom Kopernikus, at alle de da kjendte Planeter: Merkur, Venus, Mars, Jupiter og Saturn, kredsede om Solen; derimod lod han i Modsætning til sin Forgænger Solen med alle disse Ledsagere kredse om Jorden, der altsaa atter blev Systemets hvilende Midte. Man har bebreidet ham denne Forandring

*) Det er for saa vidt egenlig Brahe og ikke, som man i Almindelighed tror, Kopernikus, der tilintetgjør Antagelsen af en virkelig Himmelhvælving.

og som Forklaringsgrund snart fremhævet, at det var hans Forfængelighed, der lokkede ham til uden videnskabelig Grund at opstille et selvstændigt System, som kunde bære hans eget Navn, snart tankeløs Religionsiver og Bogstavtro. Disse Forklaringer ere dog lige uheldige og overflødige. Dels stemme de kun lidet med hans resolute Karakter og frisindede Optræden, og — hvad der her er det aldeles Afgjørende: den foretagne Forandring stod i den fuldeste Harmoni med Grundsætningen for al hans Forsken. Under al sin videnskabelige Syslen nærede han kun én Frygt, Frygten for uhjemlede Hypotheser, og medens mange Grunde talte for, at man lod de øvrige Planeter kredse om Solen, var der ingen virkelig Grund tilstede, der kunde give Solen Forrangen for Jorden som Systemets hvilende Midtpunkt. Begge Antagelser forklare Fænomenerne lige utvungent; ja, nærmere beset var der endog en bestemt Grund, der talte for, at Jorden maatte være hvilende. Beskrev den en aarlig Bane om Solen, maatte man jo nemlig paa de forskjellige Aarstider sigte i forskjellige Retninger for at træffe en og samme Stjerne. Men noget Saadant var ikke til at opdage. Først langt senere, da Kikkerten var opfunden og det var blevet muligt at observere mangfoldige Gange skarpere, end Brahe formaaede, opdagede man, at de nævnte Sigtelinier virkelig i Aarets Løb ændredes en Ubetydelighed, og dermed var det Kopernikanske System videnskabelig begrundet. Med det Tykoniske System forholdt det sig derfor ganske som med den Newtonske Lystheori: begge afgav, da de fremkom, den bedst mulige Forklaring af de da kjendte Fænomener; de vare de methodisk rigtigste Anskuelser, der vare fremsatte. At de senere viste sig urigtige, kan lige saa lidt lægges Brahe og Newton til Last, som det kan regnes Kopernikus og Huyghens til Ære, at deres Anskuelser senere viste sig rigtige.

Paa Tyge Brahes Iagttagelser byggede Johannes Kepler videre. Han var født i Wiel i Württemberg 1571 og studerede først Theologi, men gik derfra over til Mathematik og Astronomi og blev tidlig en Tilhænger af det Kopernikanske System. Han var begavet med en levende, vildt sværmende Fantasi, og et af hans første Arbeider var den nys omtalte Afhandling om Planetbanerne og deres Afstande fra Solen, som han forelagde den italienske Fysiker Galilei og Tyge Brahe til Prøvelse. Af den Førstnævnte fik han Ros; hvad Brahe svarede ham, have vi allerede hørt, og det maa antages, at den verdensberømte Astronoms venlige Advarsel har haft en ikke ringe Indflydelse paa hele hans fremtidige Aandsretning. Senere indbød Brahe ham til at komme til Prag som hans Medhjælper. Kepler tog med Glæde mod Tilbudet, blev af Brahe forestillet for Keiser Rudolf og ansattes af denne efter Brahes kort paafølgende Død som keiserlig Mathematiker, en Plads, han beholdt under de to følgende Keisere. Endnu vigtigere end de to Forskeres kortvarige Samarbeiden var den Omstændighed, at Kepler gjennem Brahes Enke kom i Besiddelse af den Afdødes store Samling omhyggelige Iagttagelser. Med disse som Grundlag gav han sig paany til at efterforske Planetbanerne, først og fremmest Marsbanen, og snart fandt han, at denne umulig kunde være en Cirkel, da Uoverensstemmelsen med Iagttagelserne ved denne Antagelse blev altfor stor til at kunne skrives paa Unøiagtighedens Regning. Han gav sig derfor til at prøve forskjellige andre Linier og anstillede tillige Undersøgelser angaaende Bevægelsens Hastighed. I Aaret 1609 var Arbeidet fuldendt, og Resultatet var den betydningsfulde Opdagelse af de to første af de Love, som senere kom til at bære hans Navn: 1) Planetbanerne ere Ellipser, i hvis ene Brændpunkt Solen befinder sig, og 2) de af den rette Linie (Radius vector) fra Solen til Planeten beskrevne Arealer forholde sig (ved hver enkelt Planet) som

de anvendte Tider. Vi skulle senere gaa noget nærmere ind paa disse to vigtige Love, der i en vis Forstand kunne betegnes som de første af alle Opdagelser paa den fysiske Astronomis Omraade.

Dette Held førte Kepler til at forny sine Undersøgelser angaaende de forskjellige Planetafstande. Efter at have forkastet sin første Hypothese søgte han at finde Lighed mellem Planetmellemrummene og de musikalske Intervaller; men ogsaa denne Spekulation maatte han opgive. Forskjellige andre Forsøg faldt lige saa uheldige ud, og han var nær ved at opgive det hele Forehavende, som havde beskæftiget hans Tanker næsten gjennem hele hans Liv, da det endelig i Aaret 1618 lykkedes ham at finde Lys og at udtale den tredie af de berømte Love: 3) Kuberne af Planeternes Middelafstande fra Solen forholde sig som Kvadraterne af deres Omløbstider. Man begriber, med hvilke Følelser han gjorde denne Opdagelse! „Den Hemmelighed“ — siger han —, „som jeg for sexten Aar siden besluttede at søge efter, for hvis Skyld jeg forenede mig med Tyge Brahe, for hvis Skyld jeg tog Bopæl i Prag, for hvis Skyld jeg har offret den bedste Del af mit Liv paa astronomiske Undersøgelser, den har jeg nu endelig bragt for Dagens Lys og erkjendt dens Sandhed ud over mine dristigste Forventninger...... Det er nu atten Maaneder, siden jeg saa det første Glimt af Lys, tre Maaneder, siden det gryede ad Dag, og meget faa Dage, siden den herlige Sol fra en skyfri Himmel spredte sine Straaler over mig ...... Terningerne ere kastede ...... Bogen er skrevet — for at blive læst af Nutiden eller Fremtiden, mig lige meget! Den kan vel vente et Aarhundrede paa sin Læser, naar Gud har maattet vente sex Tusind Aar paa en Fortolker af sit Værk.“

Som saa ofte, saaledes stod ogsaa Keplers ydre Livsvilkaar i den smerteligste Modsætning til hans store Fortjenester af Videnskaben. Hans ringe Lønning blev ham

bestandig for sent udbetalt. Da han trak sig tilbage til Sagan i Schlesien for at henleve Resten af sine Dage i Ensomhedens Ro, kom han i endnu større Pengeforlegenhed, og Nøden tvang ham til personlig at udbede sig sit Tilgodehavende. Han begav sig paa Veien til Regensburg; men Reisens Besværligheder paadrog ham en Feber, for hvis Angreb han bukkede under d. 30. November 1630, 59 Aar gammel.

„So hoch ist noch kein Sterblicher gestiegen,
Als Kepler stieg — und starb in Hungersnoth!" —

siger Kästner om ham.

For at faa et tydeligt Billede af Astronomiens Standpunkt ved Newtons Fremtræden maa vi endnu nævne den Mand, som rettede den første Kikkert mod Himlen i videnskabeligt Øiemed, den italienske Fysiker Galileo Galilei. Han var født 1564 i Pisa, studerede tidlig Mathematik og blev allerede i sit 25de Aar Professor i dette Fag i Pisa og senere i Padua. Trods udmærkede Evner havde han dog i sit 45de Aar endnu ikke gjort en eneste betydningsfuld Opdagelse eller Opfindelse — en Alder, i hvilken Newton havde fuldendt alle sine —, da hørte han en Dag i Aaret 1609 — samme Aar som Kepler offenliggjorde de to første af sine Love —, at en Hollænder ved Navn Janssen havde opfundet et Instrument, hvormed man kunde se fjerne Gjenstande betydelig større og tydeligere end med blotte Øine. Galilei indsaa strax Vigtigheden af denne Opfindelse og fattede øieblikkelig det Forsæt af al Magt selv at arbeide paa en lignende. Hans optiske Kundskaber gjorde ham det muligt at realisere sin Plan, og snart havde han indrettet sig en lille Kikkert omtrent som vore nuværende Theaterkikkerter, forsynet med et konvex Objektiv og et konkavt Okular. Den forstørrede kun 3 Gange; men kort efter konstruerede han sig en, som forstørrede over 30 Gange, og med denne begyndte han den Række Iagttagelser, som hur-

tig gjorde hans Navn berømt over Europa. Da han d. 7. Januar 1610 første Gang rettede den mod Himlen*), saa han ikke blot, at Jupiter havde en tydelig Skive, men han iagttog tillige 3 smaa Stjerner i en ret Linie i Planetens Nærhed. Dagen efter havde de til hans store Forbavselse skiftet indbyrdes Stilling; d. 9de saa han kun to, og endelig d. 13. saa han for første Gang en fjerde og fandt samtidig, at kun én Forklaring var mulig: de fire Smaakloder vare Planetens Ledsagere og bevægede sig rundt om denne, ligesom Maanen om Jorden. Efterhaanden opdagede han endvidere, at Solen havde Pletter, hvis Bevægelse tydede paa en Axeomdreining hos denne Klode, at Maanen var fuld af Bjerge og Dale og at den ikke altid vendte nøiagtig den samme Side mod Jorden, at Venus viste samme Faser som Maanen og altsaa modtog sit Lys fra Solen, at Saturn syntes at være forsynet med Hanke — at det var en Ring, omkring Planeten, der gav den dette Udseende, lykkedes det ham ikke at opdage —, endvidere, at Mælkeveien bestod af lutter smaa Stjerner, og endelig, at medens alle Planeterne viste sig forstørrede og fik en tydelig Skive, saa viste Fixstjernerne sig gjennem Kikkerten endnu mindre end for det blotte Øie, idet de mistede deres Straaler og bleve skarpt afgrænsede lysende Punkter.

Alle disse Opdagelser vakte den mest levende Opmærksomhed og bidrog mægtig til at styrke Troen paa det Kopernikanske System. Det Ptolemæiske var allerede tilstrækkelig rystet ved dets indre Usandsynlighed; men også det Tykoniske led flere Stød ved Galileis Opdagelser. Af den Omstændighed, at Fixstjernerne ikke forstørredes ved Kikkerten, drog allerede Galilei selv strax den Slutning, at de maatte have umaadelige Afstande, og den vigtigste

*) Aaret efter opfandt Kepler den saakaldte astronomiske Kikkert, i hvilken ogsaa Okularet er konvex.

Grund til at foretrække Jorden for Solen som Systemets hvilende Midte faldt derved bort, idet den uhyre Afstand nu kunde forklare Stjernernes uforandrede tilsyneladende Stilling paa de forskjellige Aarstider. Ogsaa Opdagelsen af Jupitermaanerne var af en vis Betydning; hidtil havde Jorden ved sin Maane været udmærket frem for de øvrige Planeter; men man fandt nu, at en betydelig Planet med ikke mindre end fire Maaner kredsede om Solen; ogsaa denne Grund til at give Jorden en Særstilling faldt altsaa bort *).

Det lykkedes ikke Galilei at fortsætte sin Forskning og udbrede sine Resultater uforstyrret af Tidens Fordomme og Intolerance. Mod Slutningen af sit Liv blev han tiltalt for Kjætteri af Inkvisitionen, og en uhyggelig Strid paafulgte, lige nedværdigende for Religionen og Videnskaben. I blind og taabelig Fanatisme fandt Romerkirken sig foranlediget til at erklære Galileis Anskuelser for ugudelige og religionsfarlige, og den 70aarige Forsker nedlod sig til paa sine Knæ at afsværge og forbande sine Lærdomme og love Bod og Bedring. Han levede endnu 9 Aar efter denne Begivenhed og døde næsten 80 Aar gammel 1642, samme Aar som Newton fødtes.

Ikke blot ved sine astronomiske Opdagelser, men ogsaa ved sine betydningsfulde mekaniske Undersøgelser gjorde Galilei sig fortjent af Videnskaben, og navnlig blev hans Undersøgelser af Legemernes Fald og af de primitive Bevægelseslove overhovedet, som vi skulle se, af stor Vigtighed for den kommende Forskning.

Saaledes omtrent stod Sagerne, da Newton begyndte at skænke Planetbevægelserne sin Opmærksomhed. Vi have

*) Strengt taget bragtes dog herved det Kopernikanske System blot paa lige Fod med det Tykoniske; det strengt videnskabelige Bevis for dets Enerigtighed blev først ført, da Bradley i Aaret 1725 opdagede „Aberrationen“.

allerede hørt, at der i Aaret 1665 udbrød en pestagtig Sygdom i Cambridge, og at Lærere og Elever derfor foreløbig forlod Stedet; Newton begav sig til sit Hjem i Woolsthorpe. Efter et Sagn, hvis Rigtighed der næppe er Grund til at betvivle, sad han her en Efteraarsdag i sin Have og vaktes af sine Tanker ved at høre et Æble falde til Jorden. Hvorfor faldt dette Æble? spurgte han sig selv. Hvorfor falde overhovedet Tingene til Jorden, naar de berøves deres Understøttelse? Jorden maa aabenbart paa en eller anden Maade udøve en Tiltrækning paa Tingene omkring den; men hvor langt rækker saa denne Kraft? Den naar aabenbart ud til Toppen af de høieste Bjerge; thi ogsaa der falde Tingene og tilmed omtrent med samme Hastighed som dybere nede. Kunde denne Tiltrækning da ikke strække sig saa langt som op til Maanen? Og kunde det ikke være den, der holdt Maanen i dens Bane, medens Kloden jo ellers maatte forlade Jorden som en Sten, der farer ud af en Slynge? Ja, kunde det ikke tænkes, at alt Stof var i Besiddelse af en saadan Tiltrækning, og at det var denne, der styrede alle Klodernes Bevægelser og saaledes beherskede Verdensaltet?

Disse storslaaede Fantasier vare ingenlunde nye. Allerede hos flere af Oldtidens Filosoffer glimte de frem; Kepler havde udtalt de fleste af dem i sine Skrifter; Bouillaud, Borelli, Huyghens, Wren, Halley og den ulykkelige Hooke havde gjentaget dem med stigende Tydelighed og Fylde. Men hvad der lægger en bred Kløft mellem alle disse Mænd og Newton, er den Omstændighed, at før Newtons mægtige Genius traadte til, vedblev Alt at være Fantasi, interessante, men løse, usammenhængende og ubegrundede Formodninger, som maaske kunde indeholde Sandheden, men maaske ogsaa være lutter Vildfarelser. Den videnskabelige Ildprøve manglede, og først Newtons Alt gjennemtrængende Skarpsindighed og mægtige Tænkekraft for-

maaede at gjennemføre denne. Newton forvandlede alle disse frie Fantasier til videnskabelige, strengt begrundede Tanker.

Han begyndte denne systematiske Kritik, hvorved de frie Fantasier enten henveires eller forvandles til lovbundne Tanker, strax paa Stedet. Kan overhovedet en Planetbane og da foreløbig Maanebanen forklares ved en saadan Kraft som den omtalte Tiltrækning? spurgte han. Han gjenkaldte sig og skærpede Alt, hvad Galilei havde lært angaaende Legemernes Bevægelse. Naar et Legeme er overladt til sig selv, saa maa det forblive i den Tilstand af Hvile eller Bevægelse, hvori det en Gang er, og skifter det Bevægelsestilstand, saa maa dette have en Aarsag; men saadanne Aarsager er det, man kalder Kræfter. Bevæger et Legeme sig med en vis uforandret Hastighed i uforandret Retning, saa er det altsaa ikke paavirket af nogen Kraft (eller ogsaa er denne opveiet af en anden); men skifter det Hastighed eller Retning, gaar det fra Hvile over til Bevægelse eller fra Bevægelse over til Hvile, saa er der en Kraft tilstede, og dennes Størrelse kan bestemmes af det bevægede Legemes Masse og dets Hastighedstilvæxt i Tidsenheden eller dets saakaldte Akceleration; ja, vælger man sine Maalenheder for Kraft, Masse og Hastighed derefter, saa kan Kraften endog ligefrem sættes lig Produktet af den bevægede Masse og dens Akceleration*). Naar f. Ex. en Sten falder til Jorden nær dennes Overflade, har den som bekjendt efter 1 Sekunds Forløb opnaaet en Hastighed af 32 Fod**); efter 2 Sekunder er dens Hastighed 64, efter 3 Sekunder 96 Fod. Den har altsaa en

---

*) Se Industriforeningens Maanedsskrift for 1880, Side 160—165. Her er for Øvrigt forudsat, at Kraft og Bevægelse have samme Retning, eller at Legemet frit kan følge Kraften.

**) Det vil sige: saa langt vilde den komme videre i et Sekund, hvis den fortsatte sin Bevægelse uforandret.

Hastighedstilvæxt i Sekundet eller en Akceleration af 32 Fod og maa derfor være paavirket af en Kraft. Sæt nu, Stenen veiede 1 Pund, at man valgte Massen af 1 Pund til Masseenhed, og at man til Kraftenhed valgte den Kraft, som i Løbet af Tidsenheden kan give Masseenheden Hastighedstilvæxten 1 Fod, saa fulgte deraf, at vi maatte erklære Stenen paavirket af en Kraft af 32 Kraftenheder. Den Kraft, der bringer Stenen nedad, er nu aabenbart Tiltrækningen mellem den og Jorden; denne Tiltrækning yttrer sig, naar Stenen hviler, som dens Tryk mod Underlaget eller som dens Vægt. Men den veiede 1 Pund. Vælge vi Foden som Enhed for Hastighed og Akceleration og Massen af 1 Pund som Enhed for Masse, saa maa vi altsaa benytte Trykket af $^1/_{32}$ Pund ved Jordoverfladen som Kraftenhed for at kunne opstille den Sætning, at Kraften er lig Masse Gange Akceleration. Selvfølgelig kunde man ogsaa sætte Kraftenheden lig Trykket af et helt Pund — og denne Vei er man i Reglen hidtil gaaet —; men man maatte da sætte Masseenheden lig Massen af 32 Pund for at opretholde Ligningen. Vælge vi Meteren til Længdemaal, bliver Faldakcelerationen ved Jordoverfladen omtrent 10*), og vi maa da multiplicere med denne Faktor istedetfor med 32; sættes Kraftenheden lig Trykket af 1 Kilogram, bliver Masseenheden nu lig Massen af 10 Kilogram, et Legemes Antal af Masseenheder altsaa 10 Gange saa lille som dets Antal af Vægtenheder. Uden Tilknytning til noget bestemt Maalsystem pleier man at kalde denne Reduktionsfaktor, der altsaa angiver Forholdet mellem et Legemes Vægttal (ved Jordoverfladen) og dets Massetal, g.

Efter disse Sidebemærkninger vende vi tilbage til vort Spørgsmaal: Kan en saadan Tiltrækning, som bringer Tingene til at falde til Jorden, overhovedet forklare en Bevægelse som Maanens omkring Jorden eller Planeternes om

---

*) Nøiagtigere c. $31^1/_4$ Fod eller c. $9{,}_{81}$ Meter.

Solen? Aabenbart maa den kunne gjøre det. Tænke vi os en Kanon opstillet et eller andet Sted paa Jordoverfladen og affyret vandret, saa vilde Kuglen, hvis der ingen Tiltrækning, Luftmodstand eller andre Hindringer gaves, fortsætte sit Løb fra Mundingen med uforandret Hastighed og Retning; thi efter at have forladt Kanonen var den da ikke paavirket af nogen Kraft. Den vilde derfor forlade Jorden tangentielt. Tiltrækningen ved Jordoverfladen virker nu imidlertid paa den, drager den indad mod Jordcentret og bevirker derved, at den bestandig daler og i større eller mindre Afstand fra Udgangspunktet naar Jordoverfladen. Tænke vi os en anden lignende Kugle udskudt med større Sidehastighed, saa vil den dog paavirkes af samme Tiltrækning som den første; den vil derfor i samme Tid dale lige saa langt som denne; men da dens Sidehastighed er større, vil dens Bane krummes mindre, og den vil først naa Jordoverfladen i større Afstand fra Udgangspunktet end den første. Kunde vi vedblivende forøge Sidehastigheden, maatte vi derfor aabenbart tilsidst faa frembragt en Bane, hvis Krumning var lige saa svag som Jordens; Kuglen vilde da bestandig bevare sin oprindelige Høide over Jordoverfladen og, saafremt vi tænke alle Hindringer borte, vedblivende kredse i en Storcirkel om Jorden ganske ligesom Maanen. Dennes Bevægelse maa altsaa kunne forklares, idet vi tænke os den udrustet med en oprindelig Sidehastighed og endvidere tænke os den paavirket af en tiltrækkende Kraft i Retning af Jordcentret. Om Banen skal blive en Cirkel, en Ellipse eller en anden lukket eller aaben krum Linie, vil nærmere bero paa den givne Hastigheds Størrelse og Retning i Forbindelse med Tiltrækningens Størrelse og mulige Ændringer.

I Almindelighed er Forklaringen altsaa mulig; ja, i en vis Forstand kan man endog ubetinget paastaa, at Solen paa en eller anden Maade direkte eller indirekte maa trække

Planeterne, og Jorden Maanen til sig. Men er denne Tiltrækning slet og ret den samme Kraft, som ogsaa yttrer sig ved Jordoverfladen, og forklarer den alle Eiendommelighederne ved Klodernes Bevægelse, eller er den kun en enkelt Faktor blandt mange? Det er de Spørgsmaal, som dernæst reise sig. Newton prøvede Sagen først for Maanens Vedkommende.

Man finder, som før bemærket, den bevægende Krafts Størrelse ved at multiplicere det bevægede Legemes Masse med dets Akceleration. Da nu ved Jordoverfladen en Sten paa 7 Pund falder ganske med samme Akceleration som en Sten paa 1 Pund, maa den bevægende Kraft i første Tilfælde altsaa være 7 Gange saa stor som i sidste, eller Tiltrækningen mellem Jorden og en Sten paa 7 Pund maa være 7 Gange saa stor som Tiltrækningen mellem Jorden og en Sten paa 1 Pund. Havde vi en Sten af Maanens Vægt ved Jordoverfladen, maatte den altsaa ogsaa falde med den sædvanlige Akceleration af 32 Fod, og vi kunne for saa vidt i vor Undersøgelse af Spørgsmaalet, om det er samme Tiltrækning, der bevæger Stenen og Maanen indad mod Jorden, ganske se bort fra den faldende Masse og blot spørge: **Er** Faldakcelerationen den samme i begge Tilfælde?

Ogsaa dette Spørgsmaal maa imidlertid, nærmere beset, ændres. Det er nemlig lidet sandsynligt, at Jordens Tiltrækning skulde kunne frembringe samme Akceleration i en Afstand lig Maanens som ved Jordoverfladen. Da Faldretningen overalt peger mod Jordens Centrum, kunne vi foreløbig tænke os Kraften udgaaende herfra. Saadanne Virksomheder (som f. Ex. Lyden og Lyset), der ligesom udstraale fra et Punkt i alle Retninger, pleie imidlertid at svækkes, som Afstandens Kvadrat voxer, og med denne Antagelse maa vi derfor ogsaa naturligst begynde for Tiltrækningens Vedkommende. Nu er Stenen ved Jordoverfladen 1 Jordradius borte fra Jordcentret, og dens Faldacceleration

er omtrent 32 Fod. Maanen er derimod omtrent 60 Jordradier borte. Dens Faldakceleration skulde altsaa, hvis vore Formodninger slaa til, ikke være 32 Fod, men 60^2 eller 3600 Gange saa lille. Vort Spørgsmaal, hvorpaa det Hele kommer an, bliver derfor dette: Er Maanens Faldakceleration virkelig c. $\frac{32}{3600}$ eller nøiagtigere $\frac{31{,}25}{3600} = 0{,}008681$ Fod?

Vi kunne med stor Tilnærmelse betragte Maanebanen som en Cirkel og dens Omløbshastighed som jevn. Undersøgelsen af vort Spørgsmaal vil derved lettes betydelig. Lad i Fig. 14 J betyde Jorden og LMN Maanebanen! Lad Maanen i et vist Øieblik være i Punktet M og efter et Sekunds Forløb i N! Den meget lille Bue $M\ N$, der godt kan betragtes som en ret Linie, betegner da dens Hastighed v og er lig hele Banens Længde divideret med Omløbstiden, angivet i Sekunder. Bevægelsen fra M til N kan imidlertid paa sædvanlig Maade tænkes sammensat af to Komponenter, en Sidebevægelse fra M til A som den passive Fortsættelse af den tidligere Bevægelse og en Faldbevægelse fra M til B, hvorved MB altsaa bliver det Faldrum, som Maanen gjennemløber i et Sekund, medens den i hvert paafølgende Sekund falder et lige saa stort Stykke ind fra sin nyerhvervede Retning. $M\ B$ kan altsaa betragtes som det Faldrum, Jorden kan give den i første Sekund, efter at Faldet er begyndt. Men af Faldrummet i første Sekund faas Akcelerationen ved Multiplikation med 2. Thi er Legemet i 1 Sekund faldet Veien f, saa er ogsaa dets Middelhastighed i dette Sekund f, og har det begyndt med Hastigheden Nul, maa det, eftersom Hastigheden er voxet jevnt, være endt med Hastigheden $2f$. Men den i Løbet af 1 Sekund opnaaede Hastighedstilvæxt er jo netop Akcelerationen. Den søgte Akceleration, a, er altsaa $= 2\ M\ B$, og ved Be-

Fig. 14.

tragtning af den retvinklede Trekant LMN faa vi endvidere $\overline{MN}^2 = MB \, . \, ML$ eller $v^2 = \frac{1}{2} a \, . \, 2R$, hvoraf følger

$$a = \frac{v^2}{R}.$$

Her betyder R Maanebanens Radius, der er lig c. 60 Jordradier à 858 geografiske Mile à 23643 danske Fod, medens v, Maanens Hastighed, er lig Maanebanens Længde $2\pi R$, divideret med Omløbstiden O, c. $27\frac{1}{3}$ Dag eller nøiagtigere 2360591 Sekunder. Vi faa saaledes

$$a = \frac{4\pi^2 R^2}{O^2 . R} = \frac{4\pi^2 . 60 . 858 . 23643}{2360591^2} = 0{,}_{008623} \text{ Fod},$$

et Resultat, der stemmer saa nøie med det Foregaaende, som man med Rimelighed kunde haabe. Vi finde altsaa her en første Bekræftelse paa vore Formodningers Rigtighed.

Newton kom imidlertid ikke saa let til det oven nævnte Resultat. Han begyndte sit seierrige Erobringstog med at strande paa et Skær, der holdt ham fast i samfulde sytten Aar. Af de før nævnte nødvendige Talstørrelser kjendte han temmelig nøiagtig Maanens Omløbstid og dens Afstand (i Jordradier) fra Jorden. Derimod havde han kun et temmelig unøiagtigt Maal for Jordens Radius, og hans Resultat blev derfor omtrent $\frac{1}{7}$ for lille. Saa betydelig en Forskjel kunde han ikke skrive paa den Omstændigheds Regning, at Maanebanen jo ikke nøiagtig er en Cirkel, og han opgav derfor foreløbig alle sine Spekulationer. Efter sin Tilbagekomst til Cambridge fordybede han sig i de tidligere omtalte optiske Undersøgelser, og han glemte saaledes tilsyneladende hele Sagen.

Det var først i Sommeren 1682, at der indtraf en Omstændighed, som atter førte ham tilbage til Problemet. Han var i London for at deltage i et af „Royal Society's" Møder. Da han var kommet noget for tidlig, indlod han sig i Samtale med en Fremmed, som ligeledes var mødt for tidlig. Talen faldt paa Franskmanden Picards Gradmaalinger, hvorved Jordens Størrelse var blevet bestemt paa en nøi-

agtigere Maade end hidtil. Den Fremmede havde Resultatet af disse Maalinger hos sig, og Newton fik saaledes en Afskrift af Tallene. Efter derpaa at have overværet Mødet, ilede han hjem og opsøgte atter sine Beregninger fra 1665. Med det nye Udtryk for Jordradiens Størrelse gjennemgik han dem paany, og efterhaanden, som han skred frem, blev det ham klarere og klarere, at nu vilde det slaa til. Men samtidig kom han ogsaa i en saadan Bevægelse, at det ikke længer var ham muligt at føre Griffelen. En indtrædende Ven maatte fuldføre Beregningen for ham, og efter faa Øieblikkes Forløb viste det sig virkelig, at han for sytten Aar siden havde anet rigtig. Han havde fundet den Verdenslov, der styrede Klodernes Baner og beherskede Universet.

Hans næste Gjerning var at prøve, om Loven ogsaa ved Beregning viste sig gyldig for de øvrige Kloder i Solsystemet. Som vi nys hørte, er Tiltrækningen mellem Jorden og en Sten paa 7 Pund 7 Gange saa stor som Tiltrækningen mellem Jorden og en Sten paa 1 Pund, hvad man kan se deraf, at begge Stene falde lige hurtig. Tiltrækningen voxer altsaa i Størrelse med den tiltrukne Masse. Newton sluttede deraf, at den ogsaa maatte voxe og aftage med den tiltrækkende Masse, da det nærmere beset er ganske vilkaarligt at skjelne mellem disse to Bestemmelser. Jernet trækker lige saa vel Magneten, som Magneten trækker Jernet, og paa samme Maade trækker Maanen lige saa vel Jorden, som Jorden Maanen. Forbinde vi dette med den før nævnte Forudsætning, at Tiltrækningen svækkes, som Afstandens Kvadrat voxer, kan Loven for den tiltrækkende Virksomhed K altsaa udtrykkes

$$K = f\frac{M \cdot m}{r^2}, \qquad (1)$$

hvor M og m betegne de to Masser, r deres indbyrdes Afstand og f en konstant Størrelse, der udtrykker Tiltrækningen mellem Masseenhed og Masseenhed i Afstanden 1. Til Be-

kræftelse af denne Antagelse beregnede han paa lignende Maade som før ved Maanen Jordens Faldrum mod Solen og fandt det omtrent dobbelt saa stort som Maanens mod Jorden. Da Afstanden mellem Solen og Jorden nu imidlertid er omtrent 400 Gange saa stor som Afstanden mellem Jorden og Maanen, bliver Solens Tiltrækning altsaa under lige Forhold omtrent $2 . 400^2$ eller 320 000 Gange saa stor som Jordens. Deraf ses, at den større Masse i Virkeligheden ogsaa har den større Tiltrækning, og at Solens Masse eller Vægt altsaa maa være omtrent 320 000 Gange saa stor som Jordens.

Af Gjensidigheden ved Tiltrækningen følger en ny Eiendommelighed. Blev Solen og Jorden stillede lige overfor hinanden med en vis indbyrdes Afstand og derpaa slupne løs, hvad vilde vel saa ske? Ikke blot vilde Jorden da med voxende Fart bevæge sig ind mod Solen, men ogsaa Solen vilde bevæge sig med voxende Fart hen imod Jorden; thi Tiltrækningen er gjensidig; Solen er ikke alene aktiv og Jorden alene passiv, men Virksomheden skyldes begge, ligesom man strengt taget ikke kan sige, at Bordet trykker Gulvet, og Gulvet modtager Trykket; thi trykkede Gulvet ikke igjen, kom der intet Tryk i Stand. At vi lade Trykket udgaa fra *A* og modtages af *B*, er kun en vilkaarlig Talemaade; Trykket er i Virkeligheden ligesom Tiltrækningen imellem *A* og *B*. Men heraf følger for Tiltrækningens og for Solsystemets Vedkommende, at strengt taget hverken Kopernikus eller Tyge Brahe har Ret. Det er hverken Jorden, der gaar rundt om Solen, eller Solen, der gaar rundt om Jorden; men begge bevæge sig rundt om hinanden eller rettere om et Punkt imellem dem, omtrent ligesom en Mand, der vil svinge en Møllesæk rundt om sig, maa hælde sig saaledes tilbage, at baade han selv og Sækken komme til at beskrive Cirkler om en lodret Linie imellem dem. For at faa et Billede af Solens og Jordens Forhold

kunne vi tænke os en stor og en lille Kugle, hver paa sin Ende af en lang Stang; men Omdreiningsaxen for dette Apparat maa da ikke lægges gjennem den store Kugles Centrum, om den end falder saa nær ved dette, at den store Kugles Kredse blive langt mindre end den lilles. Da begge Kloder, Solen og Jorden, ere paavirkede af samme Kraft, d. e. af Tiltrækningen imellem dem, maa deres Bevægelser jo nemlig komme til at staa i omvendt Forhold til deres Masser, og Jordbanens Radius bliver derfor omtr. 320 000 Gange saa stor som Solbanens, saa at Systemets hvilende Punkt falder indenfor Sollegemet og endog meget nær ved dets Centrum.

Jeg anfører disse Ting, fordi vi ret strax skulle gjøre en interessant Brug af dem. Vi have hørt, at en Kraft maales ved Produktet af den bevægede Masse og dens modtagne Akceleration. Lad M (Fig. 15, I) nu være Solen, m en eller anden Planet og r deres indbyrdes Afstand. Ogsaa Planetbanerne kunne vi uden stor Unøiagtighed betragte som Cirkler, da deres elliptiske Excentricitet kun er yderst ringe. Vi kunne derfor finde Tiltrækningen K mellem M og m, ganske som vi før fandt den mellem Jorden og Maanen, ved at tage Produktet af Planetens Masse m og dens Akceleration a. Vi fandt før $a = 2\,mB$ og $v^2 = 2r \,.\, mB$, altsaa $a = \frac{v^2}{r}$ eller, da $v = \frac{2\pi r}{O}$,

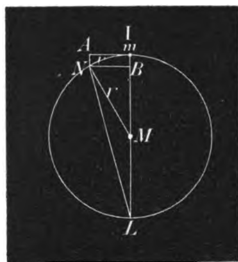


Fig. 15. I.

$$a = \frac{4\pi^2 r^2}{O^2 r}, \text{ hvoraf}$$

$$K = ma = m\,\frac{4\pi^2 r}{O^2}.$$

Nu er der imidlertid den Ting at mærke, at vi her (Fig. 15, I) have konstrueret Planetbanen simpelt hen ved at

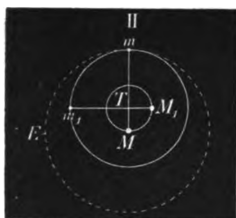


Fig. 15. II.

slaa en Cirkel om M med Afstanden mellem Sol og Planet som Radius. Dette er imidlertid strengt taget urigtigt. Bevægelsen foregaar ikke om M, men om et Punkt T mellem M og m (se Fig. 15, II), og efter $\frac{1}{4}$ Omgangs Forløb er Planeten ikke kommet til E, men til m_1, medens Solen nu er i M_1. Da Strækningen MT ifølge det Foregaaende forholder sig til Tm ligesom m til M, have vi altsaa i vor Beregning gjort Planetbanen $\frac{M+m}{M}$ Gange for stor og dermed faaet Udtrykket for Akcelerationen og altsaa vort Resultat $\frac{M+m}{M}$ Gange for stort. Denne Feil maa vi derfor rette ved at multiplicere det oven nævnte Resultat med Brøken $\frac{M}{M+m}$, og vi faa saaledes nøiagtigere*)

$$K = \frac{M}{M+m} m \cdot \frac{4\pi^2 r}{O^2} = \frac{Mm \cdot 4\pi^2 r}{(M+m) \cdot O^2}. \qquad (2)$$

Erindre vi nu, at ifølge Keplers tredie Lov er for en hvilken som helst af Planeterne $O^2 = n \cdot r^3$, idet n er et konstant, af Maalenhederne afhængigt Tal, saa kunne vi omskrive vor Formel til

$$K = \frac{Mm\, 4\pi^2 r}{(M+m)\, n \cdot r^3} = \frac{4\pi^2}{n(M+m)} \cdot \frac{Mm}{r^2}. \qquad (3)$$

Da nu enhver Planet i vort Solsystem har en meget ubetydelig Masse i Sammenligning med Solen, bliver Størrelsen $M+m$ og altsaa hele den første Faktor i det sidste Udtryk meget nær konstant. Men da siger Udtrykket, at Tiltræk-

*) Hvor Centrallegemet er meget stort i Sammenligning med Planeten eller Maanen, er denne Rettelse uvæsenlig, men jo mere de to Kloder nærme sig hinanden i Størrelse (Masse), desto nødvendigere bliver den.

ningen mellem to Masser er lig en konstant Størrelse Gange deres Produkt, divideret med deres Afstands Kvadrat, og vi have saaledes godtgjort, hvad vi før forudsatte: at Tiltrækningen svækkes, som Afstandens Kvadrat voxer. Vi kunne ogsaa gaa en modsat Vei og forudsætte, at den Newtonske Tiltrækningslov (1) er rigtig; vi kunne da ligefrem udlede den tredie Keplerske Lov som en nødvendig Følge. Vi have nemlig da de to Udtryk for Tiltrækningen

$$K = f\frac{Mm}{r^2} = \frac{Mm \cdot 4\pi^2 r}{(M+m)O^2}. \qquad (1-2)$$

Men heraf faas

$$O^2 = \frac{4\pi^2}{f(M+m)} r^3,$$

en Ligning, der ikke blot udtaler den omtalte Lov, men end ydermere fortæller os, at det kun er med en vis stor Tilnærmelse, at den gælder, eftersom Størrelsen $M+m$ ikke er aldeles konstant, idet m kan betyde en hvilken som helst af Planeterne, og disse ikke alle have samme Masse. Denne Lovens Unøiagtighed har virkelig bekræftet sig*).

Ogsaa de to andre Keplerske Love udledte Newton af sin Grundlov, ligesom han omvendt viste, at denne fulgte med Nødvendighed af de Keplerske Resultater. Saaledes godtgjorde han f. Ex., at saasnart en Planet tiltrækkes af et Centrallegeme, ligegyldigt efter hvilken Lov, saa ville ogsaa de af Linien fra Centralkloden til Planeten beskrevne Arealer være proportionale med de anvendte Tider. Thi lad M (Fig. 16) være Centralkloden, A Planeten og AB den meget lille Vei, den beskriver i en vis lille

*) Tager man Hensyn til, at n saaledes ikke er ganske konstant, bortfalder Unøiagtigheden i Ligning (3), og Faktoren $\frac{4\pi^2}{n(M+m)}$ bliver en fuldkommen konstant Størrelse $= f$.

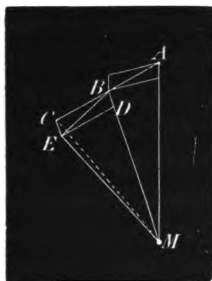


Fig. 16.

Tidsdel! Overladt til sig selv vilde den da i næste lige saa store Tidsdel gaa et lige saa stort Stykke Vei *BC* i samme Retning; men Tiltrækningen fører den samtidig et Stykke, f. Ex. *BD*, ind mod *M*, saa at den kommer til *E*, og saaledes videre. I første Tidsdel beskrives altsaa Arealet *MAB*, og i næste lige saa store Tidsdel Arealet *MBE*. Men disse to Trekanter ere lige store; thi $MAB = MBC$, fordi de have lige store Grundlinier, *AB* og *BC*, og fælles Høide; og *MBC* er atter $= MBE$, idet de have fælles Grundlinie, *MB*, og ligestore Høider, eftersom *CE* er parallel med *BD*. Undersøgte vi Forholdene for næste Tidsdel, vilde vi faa et ganske tilsvarende Resultat, og tage vi Tidsrummene tilstrækkelig smaa, gaar den brudte Linie *ABE* ... over til at blive en kontinuerlig krummet Bane som de virkelige Planetbaner. Men dermed er den anden Keplerske Lov bevist, og ved at gaa frem i omvendt Orden beviser man let af samme Figur, at naar der beskrives lige store Arealer i lige store Tider, saa er Planeten paavirket af en bestandig mod Centralkloden rettet Kraft, altsaa af en „Tiltrækning.“

Endelig paaviste Newton ogsaa, hvorledes de forskjellige Planetbaneformer, man kunde tænke sig, hver krævede sin Art Tiltrækning. Skal en Planet beskrive en Ellipse om en Centralklode i Ellipsens Centrum, saa maa Tiltrækningen voxe proportionalt med Afstanden; skal Banen være en Spiral med konstant Vinkel mellem Bevægelsesretningen og Radius vector, maa Tiltrækningen svækkes som Afstandens Kubus voxer, og skal Banen endelig være en Ellipse med Centralkloden i det ene Brændpunkt, saa maa Tiltrækningen svækkes, som Afstandens Kvadrat voxer. Ogsaa en parabel- eller hyperbelformet Bane med

Centralkloden i et Brændpunkt kræver denne Lov for Tiltrækningen; hvilken af disse Linier Planeten skal komme til at gjennemløbe, beror paa dens Sidehastigheds Retning og Størrelse i Forhold til Tiltrækningens og kan findes, naar de nævnte Størrelsers Værdier ved et eller andet Tidspunkt ere os givne. At godtgjøre disse sidste Paastande, vilde her føre os for vidt; men vi kunne ved Hjælp af Fig. 17 faa en Antydning af Forholdene. Lad *M* være en fast

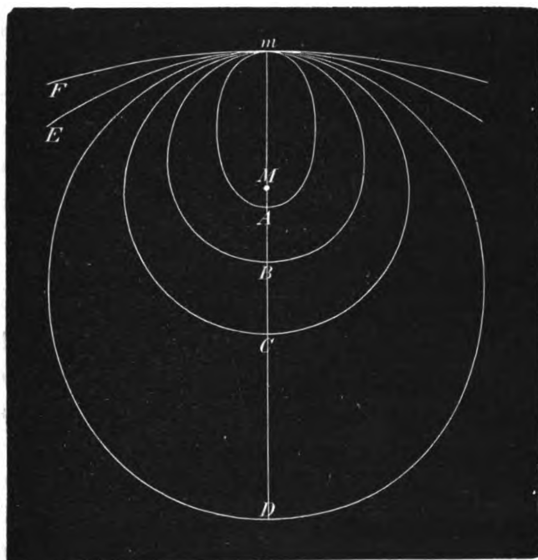


Fig. 17. Forskjellige Planetbaner omkring en Centralklode.

Centralklode, og lad os i *m* tænke os en Planet med en vis Sidehastighed *v* til Venstre, vinkelret paa Linien *Mm*! Er $v = 0$, vil Planeten aabenbart paa Grund af Tiltrækningen bevæge sig lige mod Centralkloden og efter en vis Tids Forløb støde sammen med denne. Er der derimod en vis virkelig Sidehastighed, vil Planeten ikke fare lige mod *M*, men f. Ex. gjennemløbe Ellipsen *mA*. Bevægelsen, der

først gaar mod Venstre, tager efterhaanden paa Grund af Tiltrækningens Virken mere og mere Retning nedad mod *M*; samtidig forøges Hastigheden paa Grund af Tiltrækningen. Planeten svinger derfor udenom *M*, gaar gjennem *A*, hvor den har sin største Hastighed, og vender derpaa tilbage til *m*, idet alle Fænomenerne nu ere de modsatte af, hvad der fandt Sted før, saa at Banens høire Side bliver ganske ligesom den venstre. Tænke vi os Hastigheden i *m* noget større, faa vi en elliptisk Bane med større Dimensioner som f. Ex. *mB*, og forøges endelig Hastigheden i *m*, indtil den opnaar en ganske bestemt Størrelse i Forhold til *M*'s Masse og Afstand, saa vil *m* beskrive en Cirkel om *M* og altsaa gaa gjennem Punktet *C*. Forøges Hastigheden endnu yderligere, faa vi strax paany elliptiske Baner som f. Ex. *mD*; men *M* bliver øverste Brændpunkt i alle disse nye Ellipser, medens det var nederste i alle de tidligere. Cirkeltilfældet er altsaa et ganske enkelt Grænsetilfælde mellem de to Arter Ellipsetilfælde. Jo større Hastigheden er i *m*, desto længere varer det, inden *M*'s Tiltrækning faar krummet Banen saaledes, at Planeten atter krydser Linien *mM*, og i desto større Afstand fra *M* sker dette. For en vis endelig Størrelse af Hastigheden i *m* (ligeledes i Forhold til *M*'s Masse og Afstand) bliver den sidst nævnte Afstand uendelig stor, det vil sige: Planeten naar aldrig Linien *mM*; men samtidig med, at dens Retning nærmer sig til at blive parallel med *mM*, rykker den ogsaa med aftagende Hastighed saa langt bort fra *M*, at Tiltrækningens Indflydelse forsvinder. Banen bliver i dette Tilfælde en Parabel (*ME*), og er Hastigheden i *m* endnu større, bliver den en Hyperbel (*MF*), ɔ: efterhaanden som Kloden rykker længere og længere bort fra *M*, gaar Bevægelsen over til at blive jevn og retlinet med en Retning, der endog divergerer med Retningen *mM*. Ligesom Cirklen er Grænsetilfælde mellem de to

Arter Ellipser, saaledes er Parablen Grænsetilfælde imellem den sidste Art Ellipser og de hyperbolske Baner.

Alle de her antydede Sætninger beviste Newton strengt mathematisk. Idet nu de nævnte Keglesnitslinier: Ellipse, Cirkel, Parabel og Hyperbel omfatte alle oprindelige Sidehastigheder for Planeten, naar Tiltrækningen svækkes som Afstandens Kvadrat voxer, medens dette endvidere medfører, at Solen maa staa i Brændpunktet, saa følger deraf, at Planetbanerne maa være Ellipser, Cirkler, Parabler eller Hyperbler; og da de to sidste Arter Baner snart vilde fjerne Kloden ganske fra Systemet, medens Cirkeltilfældet som et enkelt Grænsetilfælde aabenbart er uendelig usandsynligt, saa kunne Planetbanerne følgelig kun være Ellipser med Solen i det ene Brændpunkt. Men dermed er altsaa ogsaa den første Keplerske Lov afledt af Grundantagelsen.

Foruden disse Sætninger opstillede og beviste Newton endnu mangfoldige andre. Han paaviste, hvorledes ogsaa Planeterne maatte tiltrække hinanden indbyrdes, og hvorledes der derved opkom forskjellige Afvigelser fra de før omtalte Love, der alene forudsatte Solen tiltrækkende, Afvigelser, der dog paa Grund af Sollegemets uhyre Masse i Sammenligning med alle Planeternes ere forholdsvis smaa. Adskillige af disse Afvigelser vare allerede kjendte, men hidtil ganske uforstaaede; andre bleve først opdagede, idet den Newtonske Theori forudsagde deres Tilstedeværelse, og Theorien vandt saaledes den ene smukke Bekræftelse efter den anden. En af de mest storartede var Opdagelsen af den hidtil ukjendte Planet Neptun. Paa Newtons Tid og endnu længe efter var Saturn den yderste Planet, man kjendte, og denne havde været kjendt allerede i Oldtiden. Man kan derfor let tænke sig, hvilken Opsigt det vakte, da W. Herschel med sin Speilkikkert i Aaret 1781 opdagede en endnu fjernere Planet, der fik Navnet Uranus. Dette nye Medlem af Planetfamilien gjorde sig tilmed snart

bemærket paa en eiendommelig Maade, idet det ikke var Astronomerne muligt at faa det til nøiagtig at lystre den Newtonske Tiltrækningslov. Forgæves tog man Hensyn til de Forstyrrelser, dets nærmeste Naboer, Jupiter og Saturn maatte udøve paa dets Bevægelse; alligevel stemte Iagttagelsen og Beregningen ikke, og allerede begyndte man at ymte om, at her havde Newtons Lov dog nok sine Grænser, da en ung fransk Mathematiker, Leverrier, fik den geniale Ide at forklare Sagen ved at antage en endnu fjernere, ubekjendt Planet udenfor Uranus som Aarsag til dennes Udskeielser. Han stillede sig derfor den vanskelige Opgave at beregne, hvor den Klode maatte være, der kunde fremkalde de iagttagne uforklarlige Uregelmæssigheder hos Uranus. Efter et Aars Forløb var den vanskelige Regning til Ende; Leverrier skrev til Berlin, hvor man den Gang var særlig udrustet til at kunne anstille de fornødne Observationer, og endnu samme Aften, som Brevet ankom — det var den 23. September 1846 — fandt man den søgte Planet, næppe en Grad fjernet fra det Sted, Leverrier havde angivet. En Englænder ved Navn Adams havde for Øvrigt udført ganske de samme Beregninger som Leverrier og var samtidig kommet til et ganske lignende Resultat; men medens man i England gjorde store Forberedelser for med Held at kunne søge efter den nye Klode, blev denne uden Vanskelighed fundet i Berlin, og Leverrier kom saaledes sin dygtige Medbeiler i Forkjøbet. Den nye Planet fik senere Navnet Neptun.

Opdagelsen af Neptun er en af Videnskabens mest glimrende Triumfer, og at det overhovedet blev Astronomien muligt at feire saadanne Triumfer, skyldes først og fremmest Newtons mægtige Aand. Ligesom han havde opstillet den Lov, man altid lægger til Grund for alle de astronomiske Beregninger, saaledes havde han ogsaa ved sine mathematiske Arbeider for en stor Del først mulig-

gjort disse Beregninger, idet han viste, hvorledes man. naar visse Størrelser vare givne, til enhver Tid kunde finde Planetens Plads i dens Bane og dermed dens Sted paa den tilsyneladende Himmelkugle. Ogsaa Kometbanerne undersøgte og behandlede han. Disse Kloder bevæge sig tilnærmelsesvis i Parabler eller i meget langstrakte Ellipser om Solen, og Newton løste den vanskelige Opgave ud fra tre Observationer fuldstændig at bestemme en saadan Klodes Bevægelse. Det var i sit berømte Værk „Philosophiæ naturalis principia mathematica," at han nedlagde disse mangfoldige Resultater. Bogen udkom første Gang 1687 og oplevede endnu to Udgaver (1713 og 1726) i Forfatterens Levetid. Den staar uomtvistet som det mægtigste Aandsprodukt, der nogensinde har set Lyset; nærmere at angive dens rige Indhold vilde her føre os alt for vidt. Newton skaber med dette Værk ikke blot den theoretiske Astronomi, men han giver den tillige med ét Slag en høi Grad af Fuldendelse. For en stor Del har Eftertidens Arbeide kun bestaaet i paa de enkelte Omraader nærmere at gjennemføre hans Tanker og give dem en almenere og elegantere mathematisk Form. Og dog viser det sig selv her, hvor uendelig mangfoldige Videnskabens Problemer ere, og hvor lidet det enkelte Individs Arbeidsevne formaar overfor den hele store Opgave, der er at løse. Newton havde vist, hvorledes en eneste stor Lov styrede samtlige Kloders Bevægelser og holdt Verdensaltet i sin mægtige Haand. Henimod et Aarhundrede senere (1755) paaviste den tydske Filosof Immanuel Kant, hvorledes den samme mægtige Lov ogsaa kunde forklare Systemets Opkomst af en i Verdensrummet spredt Stofmasse, der ved Tiltrækningen fortættede sig til en glødende, roterende Dampkugle, som ved Varmeudstraaling og Tiltrækningens fortsatte Virken trak sig mere og mere sammen, medens den ene Ring efter den anden løsnede sig ved dens Ækvator og, efter at være

bristet, formede sig til en selvstændig Klode, der kredsede om den første. Saturnsringen, Smaaplaneterne mellem Mars og Jupiter, den Omstændighed, at alle Planetbanerne meget nær ere Cirkler i omtrent samme Plan og med samme Omløbsretning, disse og talrige andre Omstændigheder faa deres naturlige og simple Forklaring ved den Kantiske Antagelse, der ved vort Aarhundredes Begyndelse paany og selvstændig fremsattes af den franske Mathematiker Laplace. Men med Alt dette er endnu blot godtgjort, at Tiltrækningsloven har været gældende for Verdensaltet fra første Færd af; tilbage staar endnu det betydningsfulde Spørgsmaal: Hvorledes kommer denne Lov til at gælde? En Lov er i sig selv kun en Formel, en Formel, hvorefter Tingene opføre sig, og har jeg fundet Formlen for denne Opførsel, har jeg endnu tilbage at spørge om Aarsagen til denne Opførsel. Eftertiden har her hyppig misforstaaet Newton, som om han ikke blot havde fundet Formlen, men ogsaa Aarsagen. Dette er imidlertid ikke den store Forskers egen Mening. Han siger udtrykkelig, at han kun vil angive Loven, hvorefter Kloderne bevæge sig, medens han ikke fordrister sig til at angive Aarsagen, hvorfor de bevæge sig saaledes. At sige, at Aarsagen er Tiltrækningskraften, er nemlig kun at døbe Gaaden, ikke at løse den; thi Spørgsmaalet bliver da strax: Hvorledes gaar det til, at Solen tilsyneladende udøver en saadan Kraft, et saadant Træk eller Tryk paa Jorden? Lige fra Newtons Død og til den nyeste Tid har man ladet dette Spørgsmaal temmelig uændset og ment, at Mesteren jo havde godtgjort, at Solen rent umiddelbart, uden Traade eller andre Mellemled havde denne Magt over Jorden. Men dette er en urigtig Fortolkning af hans Opfattelse. Selv var han netop den Første til at spekulere over Midlerne, hvorved den uomtvistelige tilsyneladende „Tiltrækning“ kom i Stand; men det lykkedes ham her ikke at komme ud over de løse, frie Formodninger, som han

satte saa liden Pris paa. Senere har en Franskmand, Lesage, opstillet den Theori, at Verdensrummet var fyldt med en Æther eller et yderst fint Stof, hvis Atomer med Lynets Hastighed fór afsted i alle Retninger (ganske ligesom Luftens Atomer efter den moderne Varmetheori) og ved deres Stød rundede Kloderne og drev dem sammen, idet de ligesom afgav Læ for hinanden og saaledes bestandig modtog flere Ætherstød paa Ydersiderne end paa Indersiderne. Heller ikke denne Antagelse fører imidlertid helt og holdent til Newtons Tiltrækningslov, og hele Astronomien hviler derfor endnu vedblivende paa en stor Gaade.

Angaaende Newtons mathematiske Arbeider skulle vi her kun bemærke, at han ikke blot ved sin rige mathematiske Begavelse bragte den saakaldte høiere Algebra og den analytiske Geometri betydelige Skridt fremad, men at han endog opfandt en hel ny Disciplin paa den høiere Mathematiks Omraade, og tilmed den vigtigste og frugtbareste af alle den høiere Mathematiks Discipliner, nemlig den senere saakaldte Differential- og Integralregning. Han kom for Øvrigt herved i en bitter Strid med sin nogle Aar yngre Samtidige, den tydske Filosof Leibniz, der selv gjorde Fordring paa Æren før den nævnte Opfindelse. Hvorledes det egenlig hænger sammen med Sagen, er vist nok endnu ikke tilfulde oplyst og vil maaske aldrig blive det. Saa meget staar dog fast, at Newton ubetinget maa stemples som den første Opfinder. Med sin sædvanlige Aabenhed og ringe Interesse for at sikkre sig selv Æren for sine Opfindelser meddelte han Leibniz sine Tanker i flygtige Antydninger, saa flygtige, at de for sædvanlige Mennesker Intet vilde have røbet eller nyttet; men Leibniz var selv et mathematisk Geni af første Rang, og umuligt er det derfor ikke, at de nævnte Antydninger kunne have ledet hans Aand paa det rette Spor. I ethvert Tilfælde har han imidlertid senere arbeidet selvstændig videre og givet Me-

thoden en Form, der mere end den Newtonske nærmer sig den senere almindelig benyttede.

Vi have hermed kun berørt de aller betydeligste af Newtons Opfindelser og Opdagelser. Foruden Naturvidenskaben dyrkede han efter Datidens Sædvane ogsaa med Iver theologiske Studier og skrev et Par Værker over Kronologi, som vakte stor Opmærksomhed. Paa disse sidste nær ere alle hans Skrifter forfattede i det lange Tidsrum, da han var knyttet til Universitetet i Cambridge. I Aaret 1695 eller 96 blev han udnævnt til Inspektor ved Mønten og tre Aar senere blev han Møntmester, et den Gang baade ansvarsfuldt og indbringende Embede, som han til sin Død beklædte med stor Dygtighed. Blandt Andet fik han trods stor Modstand gjennemført, at den tidligere slette Mønt blev afløst af en, der havde den fulde paalydende Værdi.

Lige indtil sit firsindstyvende Aar havde han nydt et næsten uafbrudt godt Helbred. Fra dette Tidspunkt af begyndte der imidlertid at indfinde sig Tegn paa hans høie Alder. Endnu et Par Aar havde han dog lange Mellemrum af uafbrudt Sundhed; men efterhaanden blev Sygdomsanfaldene hyppigere og hyppigere, indtil han den 20. Marts 1727, over 84 Aar gammel, lukkede sine Øine. Han blev begravet i Westminster-Abbediet, hvor næsten alle Englands Stormænd hvile, og i Aaret 1731 reiste man ham samme Sted et storartet Mindesmærke. 1755, samme Aar som Kant udgav sin Theori for Verdensklodernes Dannelse, blev der endvidere reist ham en prægtig Marmorstatue i Trinity College i Cambridge. Lige saa glimrende, som hans videnskabelige Begavelse var, lige saa stor var hans Elskværdighed og Beskedenhed som Menneske. „Hvad Verden vil dømme om mig“ — siger han — „véd jeg ikke; men selv forekommer jeg mig som en Dreng, der har leget ved Strandbredden og glædet sig over nu og da at have fundet en glat

Sten eller en særlig smuk Muslingeskal, medens Sandhedens store Ocean laa uudforsket for ham."

Da Huset i Woolsthorpe i Aaret 1798 blev istandsat, blev der i den Stue, hvor han var født, opsat en Marmortavle, som bl. A. indeholder de berømte Linier af Pope:

Nature and nature's laws lay hid in night.
God said: Let Newton be! and all was light.